Mineralogisch-Petrographische Studien am Silberberg bei Bodenmais.

Von der

Kgl. Technischen Hochschule zu München

zur Erlangung der Würde eines

Doktors der technischen Wissenschaften (Doktor-Ingenieurs)

genehmigte Dissertation.

Vorgelegt von

Franz Münichsdorfer.

Referent: Professor Dr. Konrad Oebbeke.
Korreferent: Professor Dr. Wilhelm Muthmann.

Tag der mündlichen Prüfung 23. Juli 1908.

München.
Kgl. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn.
1908.

Mineralogisch-Petrographische Studien am Silberberg bei Bodenmais.

Von der

Kgl. Technischen Hochschule zu München

zur Erlangung der Würde eines

Doktors der technischen Wissenschaften (Doktor-Ingenieurs)

genehmigte Dissertation.

ACAD.
LUDWIG MAX
BIBL.

Vorgelegt von

Franz Münichsdorfer.

Referent: Professor Dr. Konrad Oebbeke.
Korreferent: Professor Dr. Wilhelm Muthmann.

Tag der mündlichen Prüfung 23. Juli 1908.

München.
Kgl. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn.
1908.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555412_0137

Meinem hochverehrten Lehrer

Herrn Maximilian Fuchs

Kgl. Gymnasialprofessor

in Dankbarkeit gewidmet.

Mineralogisch-petrographische Studien am Silberberg bei Bodenmais.

Von

Franz Münichsdorfer.

Mit fünf Textfiguren.

Einleitung.

Das zweithöchste Gebirge Bayerns ist der Bayerische Wald, der südliche Teil des Grenzgebirges gegen Böhmen. Wie die Wellen eines steinernen Meeres tauchen die Berge hintereinander auf mit sanftansteigenden Hängen und flachgewölbten waldigen Kuppen, ein Gegenstück zu alpiner Majestät; überall breite Massen, gerundete Formen und ruhige Linien, unter deren Eintönigkeit die eigenartige ernste Schönheit der mannigfaltigen Einzelbilder im Gesamteindruck der Landschaft fast verschwindet.

Eine ähnliche Erscheinung finden wir bei Betrachtung der geologischen Verhältnisse. Das Ostbayerische Grenzgebirge mit dem Bayerischen Walde gilt als typisches Beispiel eines altkristallinen Schiefergebirges, im wesentlichen aufgebaut aus Gneis und Granit. Jedoch bei näherem Zusehen bietet auch diese Einförmigkeit der Waldgesteine genug Abwechslung: einmal durch die verschiedenartige Ausbildung, wie sie sich im Mineralbestand, in der Struktur und in der chemischen Zusammensetzung kundgibt, dann aber durch Unterschiede nicht minder erheblicher Art als Folge jener Bestrebungen, welche erst in neuerer Zeit aufgetreten sind und in einer Aufteilung der Gneise gipfeln. Wenn dieser Einfluß auf die Petrographie und Geologie des Bayerischen Waldes noch nicht so sehr in die Erscheinung tritt, so liegt dies daran, daß das Gebirge mit seiner ausgedehnten Bewachsung nur spärliche Aufschlüsse mit frischem, unverwittertem Gestein bietet, die allein daraufhin abzielende Untersuchungen zu begünstigen vermögen. Da sind ferner die häufigen Einlagerungen von körnigem Kalk, worin zuweilen jenes vielbesprochene *Eozoon canadense* gefunden wird; weiterhin die zahlreichen Pegmatitgänge, die zum Teil als Fundstätten sehr seltener Mineralien bekannt sind, wie der Hühnerkobel bei Zwiesel,[1]) der Hörlberg u. a. m.; da ist der Pfahl, jener merkwürdige Quarzgang, der in einer Länge von 150 km von Schwarzenfeld, nördlich von Regensburg, in fast gerader Linie bis nordöstlich von Passau verläuft und noch jenseits der Grenze, mit geänderter Richtung zwar, weithin sich verfolgen läßt; und da sind vor allem die im Gneis auftretenden Kieslager, welche am Silberberg bei Bodenmais am schönsten erschlossen sind.

[1]) Für Pegmatitmineralien ist der Hühnerkobel als Fundort auch dann zu verstehen, wenn sie in der Literatur als von Bodenmais stammend aufgeführt werden.

Etwa drei Stunden südwestlich von Bayerisch-Eisenstein, dem Grenzort der Waldbahn Deggendorf—Pilsen, liegt in einer Talweitung auf einer kleinen Anhöhe das Dorf Bodenmais. Als nördliche Begrenzung dieser Talmulde ragt steil der Arber empor, der höchste Berg des Bayerischen Waldes; als Abschluß im Südosten erhebt sich, weithin durch seine rote Färbung kenntlich, der Silberberg. Seit Jahrhunderten die Stätte regen Bergbaus auf Magnet- und Schwefelkies, erweckt der Silberberg noch erhöhtes Interesse durch den Reichtum an Mineralien, welche mit den Erzen vorkommen. Die Kieslagerstätte ist deshalb sehr häufig Gegenstand mineralogischer wie geologischer Untersuchungen geworden. Neuere Studien werden indes umsomehr Berechtigung haben, als der größte Teil — mit Ausnahme der grundlegenden Arbeiten Weinschenks — sehr weit zurückliegt.

Unter den Mineralien erschien vor allem von Interesse der Magnetkies, das wichtigste Erz des Silberbergs, über dessen chemische Zusammensetzung man noch nicht zu einheitlicher Anschauung gelangt ist; dann der Kreittonit, das charakteristischste Mineral des Kieslagers, von dem eine einwandfreie Analyse in neuerer Zeit nicht bekannt ist; einer Untersuchung erschien unter den Erzen wert Magnetit und Zinkblende. Von anderen Mineralien wurde eine schwarzgrüne Hornblende aus der geognostischen Sammlung des Oberbergamtes, welche als Tremolit bezeichnet war, unter dem Mikroskop untersucht und ihre Benennung richtig gestellt.

Im Anschlusse an die Untersuchung dieser Mineralien mögen noch einige Bemerkungen über den Cordieritgneis, welcher die Erzeinlagerungen enthält und schon sehr eingehend untersucht ist, folgen, sowie zur Erweiterung der petrographischen Kenntnisse vom Silberberg die Beschreibung eines Hornblendegabbros, der vom Neubaustollen überfahren wurde.

Endlich wurde eine Zusammenstellung der Literatur über die Kieslagerstätte vom Silberberg beigefügt, um einen Überblick über das schon Veröffentlichte zu geben.

I. Teil. Mineralien.

A. Der Magnetkies.

a) Chemische Formel.

Die chemische Zusammensetzung des Magnetkieses wird in den Lehrbüchern der Mineralogie bald mit Fe_7S_8, bald mit $Fe_{11}S_{12}$, bald wiederum mit Fe_8S_9 oder auch mit Fe_5S_6 angegeben. In den umfangreicheren Werken begegnet man schon der allgemeineren Rammelsberg'schen Formel Fe_nS_{n+1}; hin und wieder jedoch findet sich die alte Anschauung, daß das Mineral trotz der Analysen wahrscheinlich doch Einfachschwefeleisen sei; recht selten sieht man auch das Vielfache dieser Formel Fe_nS_n. Und gleichsam um die vielerlei Meinungen über die chemische Zusammensetzung zu illustrieren, hat der Magnetkies im Laufe von anderthalb Jahrhunderten eine Reihe von Namen erhalten, die durchaus keine Varietäten bezeichnen.

Schon Wallerius[1]) führt das Mineral an als einen leberfarbenen Kies unter dem Namen *Pyrites aquosus,* Wasserkies, und erwähnt an anderer Stelle, daß es vornehmlich aus Eisen und Schwefel bestehe. Über das Mengenverhältnis dieser Hauptbestandteile erfahren wir durch Cronstedt[2]), daß der Kies, der hier als *Pyrites colore rubescente,* Leberkies, bezeichnet wird, zu viel Eisen enthalte, als daß er mit Vor-

[1]) Wallerius: Mineralogia 1747. 209.

[2]) Cronstedt: Versuch einer Mineralogie oder Aufstellung eines Mineralreichs. 1758.

teil zur Schwefelgewinnung verwendet werden könnte. Wegen der starken magnetischen Eigenschaften schied Werner[1]) in der Folge das Mineral vom gemeinen Pyrit als magnetischen Kies oder Magnetkies.

Erst 1804 unterwarf Hatchett,[2]) der Entdecker des Tantals, einen Magnetkies vom Berge Moel Aelia (Wales) der quantitativen Analyse und fand 63,5% Eisen und 36,5% Schwefel, also beinahe so viel als die Proust-Berzelius'sche Formel für das Einfachschwefeleisen erforderte. Als dann diese Analyse und zwar nicht mit Unrecht angefochten wurde, entspann sich ein lange währender Kampf nicht nur um die Zusammensetzung des Magnetkieses, sondern auch um die des meteorischen Eisensulfürs, in den die bedeutendsten Mineralogen und Chemiker hineingezogen wurden. Jede neue Analyse entfachte den Streit von neuem und vermehrte die Zahl der für den Magnetkies aufgestellten Formeln. Welche Bedeutung man der Sache beilegte, läßt sich daraus ersehen, daß Stromeyer zuletzt glaubte, die Zusammensetzung des Magnetkieses stehe mit der Lehre von den konstanten Proportionen im Widerspruch. Wenn es auch Berzelius bald gelang, die Richtigkeit seiner wie der von Proust aufgestellten Formel FeS für das Einfachschwefeleisen außer alle Zweifel zu setzen, so wollten doch die Magnetkies-Analysen, so sehr sie auch unter sich voneinander abwichen, keinerlei Übereinstimmung damit zeigen. Ganz im Gegensatz zu jener ersten Analyse Hatchetts hatten mit wenigen Ausnahmen alle Untersuchungen einen Überschuß an Schwefel ergeben, den zu erklären man sich alle erdenkliche Mühe gab. Seit Stromeyer, der in dem von ihm untersuchten Magnetkies von Barèges 24,4% Schwefelkies gefunden hatte, aber selbst bei guter Vergrößerung keinen solchen hatte erkennen können, zu der Annahme sich gezwungen sah, der Pyrit müsse in dem Magnetkies „chemisch aufgelöst" sein,[3]) erklärte man den Pyrrhotin in der Folge als eine Verbindung verschiedener Schwefelungsstufen des Eisens in wechselndem Verhältnis der Komponenten. Damit war die Verschiedenartigkeit der Analysenresultate aufs beste entschuldigt, und um sie auch äußerlich nicht so deutlich hervortreten zu lassen, gab Rammelsberg dem Magnetkies die allgemeine Formel Fe_nS_{n+1} (**54**. 56). Allein nicht alle Mineralogen waren mit diesem Ausweg zufrieden, und wenn diese Minderheit auch nicht imstande war, ihre Anschauung, daß das Mineral Einfachschwefeleisen sei, durch eine große Zahl von Analysen zu stützen, so ist ihr allmählich doch gelungen, eine Reihe von Einwänden ihrer Gegner zu entkräften. Wesentlich trug dazu bei, daß sich die Ansichten über die Kristallform rascher klärten und die Zugehörigkeit zum hexagonalen System bald außer Zweifel gestellt war. Die Frage nach der chemischen Konstitution des Magnetkieses ist damit aber keineswegs gelöst und es mag daher gerechtfertigt erscheinen, von neuem Versuche darüber anzustellen, welche zur Erweiterung unserer Kenntnis des Minerals dienen können.

Der Silberberg bei Bodenmais im Bayerischen Wald wird schon von Cronstedt in seinem eingangs erwähnten Werk als Fundstätte des Magnetkieses aufgeführt.

Die sulfidischen Erze des Silberbergs — neben dem Magnetkies vorzugsweise Schwefelkies, aber auch Kupferkies, Bleiglanz und Zinkblende — liegen konkordant innerhalb des Cordieritgneises in Form unregelmäßiger Linsen, Schnüre, Nester,

[1]) Werner: Bergm. Journ. 1789. 383.

[2]) Hatchett: Phil. Trans. 1804. II. 315 und Journ. de Phys. 61. 463.

[3]) Stromeyer: Göttg. gel. Anz. 1814. S. 1472 und Gilberts Ann. 1814. 48. S. 183 und 209.

ja eigentlicher Lager, ohne charakteristische Gangart. Primärer Bestandteil scheint der Magnetkies nur in den Hornblendegabbros (Bojiten nach E. Weinschenk) zu sein. Bemerkenswert ist, daß er unter den Mineralneubildungen niemals gefunden wird, so wenig selten auch der Pyrit als solche auftritt. (**93**.)

Der Magnetkies bricht hier nur in derben Massen, bald mehr oder weniger feinkörnig, bald großblätterig mit schaliger Absonderung nach der Basis, welche gerne mit Spaltbarkeit verwechselt wird, obwohl eine solche nur unvollkommen nach dem Prisma vorhanden ist. (**101**. 627.) Das Mineral ist außerordentlich oft analysiert worden und zwar mit sehr wechselnden Resultaten.

Heinrich Rose, (**14**) welcher den Magnetkies vom Silberberg zuerst untersuchte, fand, daß er etwas weniger Schwefel enthielt als die Berzelius'sche Formel Fe_7S_8[1]) verlangte; doch nahm er nicht Veranlassung, deswegen eine neue aufzustellen. Erst Graf Schaffgotsch (**19**. 533) berechnete aus seinen Analysen eine für den Pyrrhotin ganz neue Formel $Fe_{11}S_{12} = 9\,FeS + Fe_2S_3$, indem er behauptete, der Name Magnetkies gelte für drei verschiedene Mineralien, als deren Typen jene von Barèges ($2\,FeS + FeS_2$ nach Berzelius), vom Harz ($FeS_2 + 6\,FeS$ nach Berzelius) und vom Silberberg anzusehen seien. Wenn Graf Schaffgotsch sich hiebei auch nur desselben Mittels bediente, das schon Berzelius angewandt hatte, nämlich auf Grund der Analysen allein Spezies aufzustellen, so erfuhr dies doch heftigen Widerspruch. Heinrich Rose (**27**) suchte darzutun, daß der Magnetkies nur eine einzige Gattung ausmache, daß seine chemische Zusammensetzung durch die Formel $5\,FeS + Fe_2S_3 = Fe_7S_8$ zu bezeichnen ist, und daß weder der Magnetkies von Barèges, dessen Formel nach Berzelius $2\,FeS + FeS_2$ ist, noch der Magnetkies von Bodenmais, dem Graf Schaffgotsch die Formel $9\,FeS + Fe_2S_3 = Fe_{11}S_{12}$ gibt, von dem übrigen Magnetkiese zu trennen sei. Noch schärfer trat Gustav Rose (**29**) dem Grafen Schaffgotsch entgegen. Auch er verfocht die Formel Fe_7S_8 als die wahrscheinlichste und verwarf die Zerteilung der Magnetkiese in drei Gattungen, da ja den kleinen Unterschieden in den Analysen keine Differenzen in den sonstigen Eigenschaften des Minerals entsprächen. Der geringere Gehalt an Schwefel des Bodenmaiser Magnetkieses sei damit zu erklären, daß zwischen den Flächen der schaligen Zusammensetzungsstücke eine dünne Schicht von Eisenoxyd sich abgelagert habe. Für den Magnetkies von Barèges brachte er den Nachweis, daß der hohe Schwefelgehalt durch eine Beimengung von Schwefelkies sich erkläre und zeigte, daß auch Kristalle von Magnetkies einen Kern von Pyrit enthalten können. Weiterhin wendete sich G. Rose gegen die Ansichten Breithaupts,[2]) v. Kobells,[3]) Frankenheims[4]) und Rammelsbergs,[5]) welche den Pyrrhotin als Einfachschwefeleisen ansahen, auf Grund der bloßen Isomorphie mit Einfachschwefelmetallen wie Greenockit (CdS), Arsennickel (NiAs), Antimonnickel (SbNi) und Millerit (NiS). Er führte verschiedene Beispiele dafür an, daß aus der Kristallform allein gar nicht auf die chemische Natur geschlossen werden könne; sonst müsse man die bisherige Fassung der Isomorphie aufgeben und alle Mineralien von ähnlicher Kristallform trotz verschiedener atomistischer Zusammensetzung als isomorph erklären, während doch gerade ein wesentliches Erfordernis

---

[1]) Berzelius: Schweigg. Journ. 1815. 15. S. 301 und 1818. 22. S. 290.

[2]) Breithaupt: Journ. pr. Ch. 1835. 4. S. 265. Pogg. Ann. 1840. 51. S. 515.

[3]) Fr. v. Kobell: Journ. pr. Chem. 1844. 33. S. 405.

[4]) Frankenheim: Syst. Krist. 1842. 57.

[5]) Rammelsberg: Berzelius' neues chem. Mineralsyst. 1847. 27.

der isomorphen Körper sei, daß sie eine analoge Zusammensetzung besäßen und sich gegenseitig zu ersetzen vermöchten, was jedoch bei dem Magnetkies nicht vorkomme. Auf einen weiteren Einwand G. Roses, daß der Magnetkies nicht Einfachschwefeleisen sein könne, werde ich späterhin noch zurückkommen.

In der umfangreichen Arbeit Rammelsbergs über die Schwefelungsstufen des Eisens (**48**. 121. 360) findet sich unter den vom Autor ausgeführten Analysen auch eine vom Bodenmaiser Magnetkies, welche für die dort vertretene Meinung spricht, daß die wahrscheinlichste aller Magnetkiesformeln Fe_8S_9 sei. Nikolaus Herzog von Leuchtenberg (**33**. 400), der das Mineral vom Silberberg ebenfalls untersuchte, erhielt so ungleichmäßige Resultate, daß sich damit die Formeln Fe_7S_8 — $Fe_{11}S_{12}$ beweisen lassen würden. Diese schwankenden Analysenergebnisse eines Minerals von ein und demselben Fundorte mögen Habermehl (**61**. 83) veranlaßt haben, Untersuchungen anzustellen, ob denn der Magnetkies überhaupt ein homogenes Mineral sei, also eine chemische Verbindung oder eine isomorphe Mischung zweier verschiedener Schwefelungsstufen oder endlich ein mechanisches Gemenge. Wenn man den Magnetkies als chemische Verbindung auffasse, so müßte er als kristallisierter Körper eine konstante Zusammensetzung zeigen, und die in den Analysen gefundenen Unterschiede wären tatsächlich nicht vorhanden. Indes dürfte (nach Habermehl) die Richtigkeit von mehr als 70 Analysen[1]) doch kaum zu bezweifeln sein. Eine isomorphe Mischung sei deshalb nicht annehmbar, weil kristallographische Beziehungen zwischen den in der Natur vorkommenden Schwefelungsstufen des Eisens nicht erkennbar seien. „Wäre der Magnetkies endlich ein Gemenge verschiedener Schwefelungsstufen, so würden sich die Schwankungen in seiner Zusammensetzung auf sehr einfache Weise erklären.“ Indes sprächen wichtige Bedenken gegen diese Annahme. Einmal könne ein Gemenge niemals kristallisieren, was doch beim Magnetkies schon beobachtet worden sei. Habermehl schien nicht zu bedenken, daß, wenn nicht das Gemenge als solches, so doch einer seiner Bestandteile kristallisieren und hiebei den andern einschließen kann, wie das gewiß nicht selten vorkommt. Dieselben Bedingungen, welche Magnetkies entstehen ließen und nicht die sonst viel leichtere Bildung von Pyrit veranlaßten, konnten der Kristallisation des ersteren günstig sein, wobei eben der in geringer Menge vorhandene Schwefelkies in den Prozeß mit hineingezogen wurde. Dann, fährt Habermehl fort, müßte ein Gemenge von Einfachschwefeleisen mit Pyrit bei der Auflösung in verdünnter Salzsäure FeS_2 zurücklassen, da letzteres von verdünnten Säuren nicht angegriffen werde, was man bei reinem Magnetkies, kristallisiertem und derbem, noch nie beobachtet habe. Dieser Einwand wurde schon von G. Rose gemacht, der auf die Versuche von Graf Schaffgotsch und Plattner[2]) hinwies und findet sich fast in jeder Arbeit über Magnetkies. Allein nach den Untersuchungen, die Brown[3]) über die Löslichkeit des Pyrits wie des Markasits anstellte, ist FeS_2 durchaus nicht unlöslich in Salzsäure, ja bei gewöhnlicher Temperatur löst es sich in verdünnter Säure mehr (1,89%) als in konzentrierter (1,51%). Dasselbe gilt für Fe_2S_3, das sich bei Behandlung mit Salzsäure in FeS und FeS_2 zersetzt. Zum

[1]) Habermehl spricht von 70 Analysen, obwohl Lindström, dessen Zusammenstellung von Analysen er übernommen hat (Öfversigt Vet. Akad. För. Stockholm 1875, Nr. 2), nur 30 als einwandfrei gelten läßt.

[2]) Plattner: Pogg. Ann. 1839. 47. 370.

[3]) Brown: Proceed. of the phil. Soc. Philadelphia. 1894. vol. 33. S. 237.

Schlusse glaubte Habermehl die wahre Zusammensetzung des Minerals finden zu können, wenn er die verschiedenen unter Zuhilfenahme eines Magneten erhaltenen Schlämmprodukte analysiert. Aus übereinstimmenden Resultaten ginge mit Notwendigkeit hervor, daß der Magnetkies ein homogener Mineralkörper, ein Individuum sei. Die Untersuchung des Minerals vom Silberberg ergibt denn auch dieselbe Zusammensetzung für die einzelnen Schlämmprodukte wie für das ursprüngliche Material, nämlich Fe_7S_8; jedoch scheint mir, daß hieraus noch nicht der Schluß gezogen werden dürfe, der Magnetkies von Bodenmais habe eine konstante Zusammensetzung und der höhere Schwefelgehalt sei nicht auf eine mechanische Beimengung von FeS_2 zurückzuführen. Man nehme nur eine äußerst feine gleichmäßige Verteilung an! In einigen der von mir untersuchten Dünnschliffe[1]) sind mit starker Vergrößerung, am besten mit gekreuzten Nikols unter dem Mikroskop Erzkörnchen zu sehen, welche reichlich sagenitartige Aggregate von Rutilnadeln enthalten. Würde man solche Erzkörnchen, die in Wirklichkeit nicht größer sind als die Stäubchen des aufs feinste pulverisierten Analysenmaterials mit dem Magneten behandeln, ebenso wie Habermehl mit dem Magnetkies verfuhr, so würden sie zusammen mit ihren Rutileinschlüssen ausgezogen, und die magnetischen Schlämmprodukte wie das ursprüngliche Material ergäben dieselbe Zusammensetzung. Dieses Erz hätte somit auf Grund der Analysenresultate eine homogene Ausbildung, wäre nach Habermehl ein Individuum, dessen Titangehalt nicht auf fremde Beimengung zurückgeführt werden könne. Bei gleichmäßiger, sehr feiner Verteilung des beigemengten Minerals erweist sich die Behandlung mit dem Magneten als unzulänglich, als zu grob, da dieses Verfahren in der Grenze der mechanischen Zerkleinerung ein Ende findet. Dasselbe gilt für jeden Versuch einer Trennung mittels schwerer Flüssigkeiten, um so mehr, als dabei die Zerkleinerung nicht bis zur Staubfeinheit getrieben werden darf.

Nach Habermehl wurde der Magnetkies vom Silberberg noch von Bodewig (**66**. 180) analysiert, welcher dieselbe Zusammensetzung fand wie Graf Schaffgotsch, $Fe_{11}S_{12}$, und zuletzt von Thiel (**76**. 5) mit dem gleichen Ergebnis.

Auch meine Analysen,[2]) die von sorgfältig ausgewähltem Material aus der Barbaragrube ausgeführt wurden, könnten zu Gunsten dieser Formel gedeutet werden. Der Magnetkies wurde für die Analyse in Königswasser gelöst; nach wiederholtem Eindampfen zur Trockne wurde von der Kieselsäure filtriert, das Eisen nach dem Lunge-Verfahren[3]) gefällt mit Ammoniak und hierauf im Filtrat die Schwefelsäure mit $BaCl_2$. Die Niederschläge wurden hier wie bei den folgenden Analysen auf ihre Reinheit geprüft.

Die Mehrzahl der Analysen des Magnetkieses vom Silberberg zeigt eine Zusammensetzung entsprechend der Formel $Fe_{11}S_{12}$, mit welcher zugleich die größte Annäherung an FeS erreicht wird. Ließe sich aus der Analyse allein der Schluß ziehen auf die chemische Zusammensetzung des Minerals, so läge also im Magnetkies eine Verbindung von zwei- und dreiwertigem Eisen mit Schwefel vor, wie er denn auch geradezu Ferro-Ferrisulfid genannt wird.[4]) Unmöglich scheint eine solche Verbindung nicht; ist doch erst im letzten Jahre eine ähnliche Sauerstoff-

[1]) Vgl. II. Teil. Gesteine.

[2]) Siehe Zusammenstellung der Magnetkiesanalysen vom Silberberg.

[3]) Treadwell: Lehrb. d. anal. Chemie 1903. II. 244.

[4]) Dammer: Handbuch d. anorg. Chemie III. S. 322.

verbindung dargestellt worden, Fe_6O_7, die Base des Lievrits ($Fe_2Ca(Fe \cdot OH)(SiO_4)_2$).[1]) Noch näher allerdings läge der Gedanke, im Magnetkies das dem Magneteisen entsprechende Sulfid zu haben.

Die chemische Konstitution des Pyrrhotins ließe sich demnach auf anderem Wege feststellen, wenn es gelänge, die Menge zwei- und dreiwertigen Eisens zu bestimmen. Löst man Magnetkies in Salzsäure, so erhält man eine farblose, durch Schwefelausscheidung getrübte Lösung von Ferrochlorid. Das beweist nicht, daß bloß zweiwertiges Eisen im Kies enthalten war, da ja etwa vorhandenes dreiwertiges Eisen vom freiwerdenden Schwefelwasserstoff reduziert würde. Fände man aber ein Mittel, diese reduzierende Wirkung des SH_2 aufzuheben, sowie jede Oxydation auszuschließen, so müßte dreiwertiges Eisen neben zweiwertigem nachzuweisen, eventuell auch zu bestimmen sein.

Nachdem ausprobiert worden war, daß durch einen genügenden Zusatz von $HgCl_2$ jede Entwicklung von SH_2 hintangehalten wurde, stellte ich die Versuche in folgender Weise an.

Figur 1.
Zum Versuch einer Bestimmung zweiwertigen Eisens im Magnetkies.

Die Zersetzung des Magnetkieses mit HCl wurde im Kohlensäurestrom vorgenommen. An den Kipp'schen Apparat zur Entwicklung der Kohlensäure wurde eine Waschflasche mit alkalischer Bleilösung angeschlossen. Vor dem eigentlichen Zersetzungskolben wurde ein kleines, etwa 50 ccm fassendes Kölbchen mit starker Salzsäure (etwa 30 ccm) eingeschaltet. Der Zersetzungskolben selbst, in welchen etwa 0,5 g Magnetkiespulver mit festem Merkurichlorid und etwa 50 ccm gelöstem gegeben wurde, war noch mit einer Vorlage versehen, um Verluste an Eisen zu vermeiden. Ehe der Kohlensäurestrom eingeleitet wurde, war das Rohr R hochgezogen, damit lediglich die Luft aus den Gefäßen gejagt werden konnte, ohne daß die Zersetzung begann. War dann die Luft verdrängt, so wurde das Rohr fast bis auf den Boden vom kleinen Kölbchen gedrückt, worauf der Kohlensäurestrom die Salzsäure in den Zersetzungskolben hinüber preßte und dort die Lösung des Pulvers in Gang brachte. Eine kleine Flamme beschleunigte die Zersetzung,

[1]) Ber. Deutsch. Chem. Ges. 40. 1958/60.

welche vier Stunden lang unterhalten wurde. Der Zeitpunkt, bei welchem aller Magnetkies in Lösung gegangen ist, kann nicht ohne weiteres erkannt werden, da an Stelle des grauen Magnetkiespulvers ein anderes graues Pulver tritt ($Hg_3Cl_2S_2$?), das nur wenig heller ist. Im Kohlensäurestrom wurde erkalten gelassen, und die Rohre, welche in den Zersetzungskolben münden, mit Quetschhähnen verschlossen. Nach zwölfstündigem Stehen wurde die Lösung im Kohlensäurestrom vom Schwefel und der gefällten Quecksilberverbindung filtriert. Das klare Filtrat war stets nur schwach gelblich gefärbt, was bei der hohen Färbekraft des Ferrichlorids auf einen sehr geringen Gehalt an dreiwertigem Eisen schließen ließ. Nach Zusatz von Manganosulfat und Schwefelsäure[1]) wurde mit Permanganat der Gehalt an Oxydul, darauf der Gesamteisengehalt gewichtsanalytisch bestimmt. Die Resultate waren folgende:

	Gesamteisen:	zweiwert. Eisen:	in Prozenten:
I.	0,2540 g	0,2506 g	98,66
II.	0,2727 „	0,2654 „	97,32
III.	0,1991 „	0,1942 „	97,54
IV.	0,2902 „	0,2869 „	98,86
V.	0,3089 „	0,3018 „	97,70

Bei keinem der Versuche konnte mit Bleipapier H_2S nachgewiesen werden, auch war in der Vorlage niemals Eisen zu finden. Sollte mit diesem Verfahren große Genauigkeit auch nicht zu erreichen sein, so ergibt sich doch hieraus, daß der Oxydulgehalt viel größer ist als in irgend einer der komplizierten Magnetkiesformeln angenommen werden kann.

Um das Verhältnis von zwei- zu dreiwertigem Eisen zu bestimmen, wurde noch die Zersetzung mit Kupfersulfat unter Druck versucht. Nach Brown[2]) soll nämlich hiebei nur zweiwertiges Eisen in Lösung gehen und so die Bestimmung ermöglichen. Brown wendete dieses Verfahren bei Pyrit und Markasit an und gelangte dabei zu verschiedenen Formeln für beide Mineralien.[3])

Ich habe genau denselben Versuch unternommen nach seiner Beschreibung, abgesehen davon, daß ich mehr Kupfersulfat zu nehmen hatte und daß ich die paar Tropfen H_2SO_4 zugab vor der Soda. Übereinstimmend mit Brown fand ich Kupfersulfid vor, nicht aber das Eisen des Magnetkieses gelöst, sondern als Oxydschicht an der Wand der Glasröhre. Die Lösung war milchig trübe und enthielt keine Spur Eisen. Beim zweiten Versuch brachte ich deshalb das Kupfersulfid nach dem Abfiltrieren der Flüssigkeit und gutem Auswaschen des Filters mit Salpetersäure in Lösung und bestimmte darin das Kupfer. Da 1 Atom Eisen mit 1 Atom Kupfer in Reaktion getreten war, wurde der Kupfergehalt auf Eisen umgerechnet und dabei 91,61 und 94,71% Fe gefunden. Es läßt sich also Magnetkies wohl mit $CuSO_4$ zersetzen, entgegen der Annahme Meuniers,[4]) der eine solche Zersetzung bestreitet, aber es scheinen hiebei doch andere Temperatur- und Druckverhältnisse notwendig zu sein wie bei FeS_2. Außerdem möchten sich Bedenken ergeben, ob wirklich bloß zweiwertiges Eisen in Lösung geht, wo doch sich weiterhin Fe_2O_3 bilden konnte.

Die Bezeichnung Ferroferrisulfid läßt sich nach den Ergebnissen der Zersetzung im Kohlensäurestrom für den Magnetkies nicht rechtfertigen und der höhere

[1]) Chem. Zeitg. 13. 323.
[2]) Brown: loc. cit. S. 240.
[3]) Groth: Tabell. Übers. d. Mineralien. 1898. S. 21.
[4]) Meunier: Compt. rend. 1868. 4 u. Ann. chim. phys. 1869. 17. 36.

Schwefelgehalt, wie ihn die Analyse ergibt, muß eben doch auf eine feinverteilte Beimengung von Schwefelkies zurückgeführt werden. Da die außerordentlich feine Verteilung von FeS_2, wie sie wohl angenommen werden muß, auch eine leichtere Angreifbarkeit durch verdünnte HCl wahrscheinlich macht, ist es somit erklärlich, daß sich der Magnetkies in HCl ohne eisenhaltigen Rückstand löst. Die Schwefelausscheidung als von FeS_2 herrührend, mag nicht weiter verwundern. Der in den Analysen gefundene Überschuß an Schwefel über das Einfachschwefeleisen, als welches der Magnetkies demnach anzusehen ist, läßt sich aber noch auch durch beigemengten freien Schwefel begründen. Während die Untersuchungen, welche Graf Schaffgotsch, Plattner und Knop vornahmen, in dieser Hinsicht ohne Erfolg geblieben waren, gelang es Bodewig (**66**. 174) 0,1—0,213% freien Schwefel durch frisch destillierten Schwefelkohlenstoff aus dem Bodenmaiser Magnetkies auszuziehen. Ich wiederholte den Versuch, einmal mit einer Probe aus der Barbaragrube erfolglos; das zweitemal konnte ich aus einer Probe (leider ohne nähere Bezeichnung der Fundstelle) von 49,2703 g 0,1823 g Schwefel, der zum Teil hübsch auskristallisiert war, extrahieren. Selbstverständlich war auch hier der Schwefelkohlenstoff geprüft worden, ob er rückstandfrei sei. Man braucht also, um den Schwefelüberschuß zu erklären, nicht zur Nordenskiöld'schen Theorie[1]) Zuflucht zu nehmen, welche den Magnetkies als eine Vereinigung von FeS mit wechselnden Mengen Schwefel ansieht. FeS ist dabei der formgebende Bestandteil, der Schwefel nicht experimentell nachzuweisen, weil er unsichtbar beigemengt gedacht ist.[2])

Der Magnetkies ist also infolge seines hohen Gehaltes an zweiwertigem Eisen, ebenso wie der Troilit, Einfachschwefeleisen. Ergeben einzelne Analysen[3]) schon unmittelbar diese Zusammensetzung, so haben alle übrigen Analysen lediglich den Charakter von Bauschanalysen, der hier nur nicht so deutlich hervortritt, da es sich um dieselben Elemente handelt; sie geben keineswegs Aufschluß über die chemische Konstitution. Die fein verteilte Beimengung von FeS_2 aber, welche den Überschuß an Schwefel bei den Analysen, sowie die Abscheidung von Schwefel beim Lösen in Salzsäure erklärt, braucht keine Annahme zu bleiben, welche bloß möglich, oder auch höchst wahrscheinlich ist, sondern muß sichtbar werden durch feine Ätzverfahren, welche ja auch die Eisenkarbide im Stahl und die Struktur von Legierungen erkennen lassen.

Analysen des Magnetkieses vom Silberberg mit den daraus berechneten Formeln.

1. H. Rose: Fe_7S_8.			2. Graf Schaffgotsch: $Fe_{11}S_{12}$.		
Fe =	61,10	60,52	Fe =	60,59	61,19	61,17
S =	38,60	38,78	S =	(39,41)	(38,81)	(38,83)[4])
SiO_2 =	0,82	0,82		100,00	100,00	100,00
	100,52	100,12				

[1]) Nordenskiöld: Corr. VII. S. 475.

[2]) Bei der großen Bedeutung, welche dem geringen Überschuß an Schwefel über das Einfachschwefeleisen beigelegt wird, möchte ich noch auf einen Umstand hinweisen, der vielleicht nicht ganz außer acht zu lassen ist. Kann unsere beste Schwefelbestimmung als $BaSO_4$ für so zuverlässig gelten, daß sich damit so feine Unterschiede, wie sie in der Formel $Fe_{11}S_{12}$ oder $Fe_{16}S_{17}$ (Magnetkies von Lowell, Massachusetts, analysiert von How **61**. 109) beispielsweise zum Ausdruck kommen, begründen ließen?

[3]) Kenngott: N. Jahrb. 1880. I. S. 164. R. Lorenz: Ber. d. chem. Ges. 1892. S. 612. E. Weinschenk: Groths Zeitschr. 17. 499. — Auch die Kristallform weist auf Übereinstimmung mit Einfachschwefeleisen hin, ebenso wie das physikalische Verhalten bei 130° (Untersuchungen von H. E. Boeke und F. Rinne [**106**. 338] über Magnetkies von Bodenmais).

[4]) Die in Klammern gesetzten Zahlen bedeuten durch Differenz gefunden.

3. Rammelsberg: Fe_8S_9.

Fe =	60,66
S =	(39,34)
	100,00

4. Nikolaus Herzog von Leuchtenberg: $Fe_{11}S_{12}$.

Fe =	61,11	61,13	60,99	61,34	61,48	60,52
S =	(38,89)	(38,87)	38,21	39,55	38,63	(39,48)
	100,00	100,00	99,20	100,89	100,11	100,00

5. Habermehl: Fe_7S_8.

Fe =	60,57	(Mittel aus	14	Analysen)
S =	39,46	„ „	8	„
	100,03			

6. Bodewig: $Fe_{11}S_{12}$.

Fe =	61,53	(Mittel aus	3	Analysen)
S =	38,45	(„ „	10	„)
	99,98			

7. Thiel: $Fe_{11}S_{12}$.

Fe =	61,59
S =	38,15
	99,74

8. Münichsdorfer: FeS.

Fe =	61,46	61,49	61,47
S =	38,60	38,52	38,49
	100,06	100,01	99,96

b) Bestimmung von Silber, Kupfer, Zink, Kobalt und Nickel.

Der Magnetkies kann besondere technische Bedeutung erlangen durch einen Gehalt an Gold (Charters Towers in Queensland), Kupfer (skandinavische Vorkommen), Nickel und Kobalt (Sudburydistrikt in Canada). Die kupferhaltigen Magnetkiese wie die nickel-kobalthaltigen finden sich regelmäßig nur in basischen Eruptivgesteinen (Gabbros), während jene Magnetkieslagerstätten, welche nicht magmatische Ausscheidungen basischer Eruptivgesteine, sondern Erzlager sind und vorzugsweise in kristallinen Schiefern vorkommen, fast niemals einen höheren Nickel- oder Kupfergehalt aufweisen und deshalb auch nur selten eine bauwürdige Lagerstätte geben.[1])

Der Magnetkies vom Silberberg gehört nun nicht zu jener begünstigten ersten Art von Vorkommen.

Es sind im Laufe von etwa 80 Jahren zahlreiche Analysen dieses Minerals veröffentlicht worden. Allein da sie fast ausnahmslos die Aufstellung einer chemischen Formel zum Zwecke hatten, nahmen sie lediglich Rücksicht auf das Verhältnis von Eisen und Schwefel und verzichten auf die Bestimmung jener Elemente, die nur in sehr geringer Menge enthalten sind oder aber als rein mechanische Beimengungen des Minerals dessen chemische Konstitution überhaupt nicht berühren. Eine Ausnahme hievon erfahren nur die Edelmetalle, Gold und Silber.

Etwas Näheres finden wir darüber bei Gümbel (**52**. 251): „In der Probieranstalt von Bodenmais wurde in dem Magnetkies eine sehr geringe Menge von Kupfer, Kobalt und Zink (ob von Verunreinigungen?) nachgewiesen, während durch die Versuche v. Kobells wenigstens die Abwesenheit von Nickel festgestellt wurde. — Über Gehalt an Gold und Silber siehe **c.**

Flurl (**3**. 267) erwähnt, daß, nachdem ums Jahr 1700 verschiedene erfolglose Versuche gemacht worden waren, die Bodenmaiser Kiese auf Kupfer zu verschmelzen, man verschiedentlich probierte die Kiese nebst dem Vitriol auf Schwefel und Alaun zu verarbeiten und das in diesem enthaltene Kupfer durch Eisen aus der Vitriollauge auszuscheiden. Es sollen auf diese Weise aus 30 Zentnern Kies von der Weitzeche 3 Zentner gereinigter Schwefel und $^3/_4$ Pfund = 0,025% Kupfer gewonnen worden sein.

Thiel (**76**. 5), der eine größere Menge sorgfältig ausgesuchten Materials einer eingehenderen Untersuchung unterwarf, konnte nur Spuren von Kupfer und Zink finden

[1]) Krusch P.: Untersuchung und Bewertung von Erzlagerstätten. 1907. S. 303.

und einen Silbergehalt von 0,0042% ermitteln. „Weder Kobalt noch Nickel, welche viele Magnetkiese aufzuweisen haben, konnten nachgewiesen werden."

Gerade der Umstand, daß Thiel kein Kobalt fand, das doch schon im Mineral festgestellt war, veranlaßte mich neuerdings den Magnetkies zu untersuchen und, falls die Analyse Kobalt wirklich ergeben sollte, eine quantitative Bestimmung vorzunehmen.

Das Ergebnis der qualitativen Analyse von nahezu 10 g Magnetkies war folgendes: Von den Metallen der vierten Gruppe fanden sich Silber und Kupfer, von jenen der dritten Gruppe außer Eisen wenig Zink und Kobalt; eine Spur Aluminium ebenso wie die Metalle der zweiten und ersten Gruppe stammten wohl unzweifelhaft aus den in das Mineral eingeschmolzenen Silikaten und kamen daher hier nicht weiter in Betracht. Das Kobalt fiel aus der essigsauren Lösung auf Zusatz von Kaliumnitrit erst nach 24stündigem Stehen aus. Um Nickel nachzuweisen, wurde die cyankalische Lösung mit Kalilauge versetzt und darauf vorsichtig mit Bromwasser überschichtet. Doch zeigte sich kein deutlicher schwarzer Ring von Nickeloxydhydrat.

War die Hauptaufgabe auch die quantitative Bestimmung von Kobalt, so konnte neben diesem ohne besondere Schwierigkeiten jene von Silber, Kupfer und Zink ausgeführt werden. Im Verlauf der Analyse ergab sich auch ein Gehalt an Nickel, und zwar in einer Menge, daß er sich quantitativ ermitteln ließ. Da seit den Versuchen v. Kobells in der Literatur die Angabe stets wiederkehrt, daß der Bodenmaiser Magnetkies gänzlich nickelfrei sei, möge eine ausführliche Beschreibung der quantitativen Analyse folgen.

19,9411 g Magnetkies wurden in der von Lunge[1]) empfohlenen Mischung von 1 Teil rauchender Salzsäure und 3 Teilen Salpetersäure vom spez. Gewichte 1,4 aufgeschlossen. Nach zweimaligem Eindampfen auf dem Wasserbade zur Trockne, wurde nochmals mit warmer verdünnter Salzsäure aufgenommen und von der Kieselsäure und dem Silberchlorid abfiltriert. Der Rückstand auf dem Filter wurde erst mit heißem Wasser bis zum Verschwinden der Eisenreaktion ausgewaschen, dann das Chlorsilber mit Ammoniak in Lösung gebracht. Auf dem Filter befand sich somit bloß mehr Kieselsäure bezw. Silikate, welche nach dem Trocknen und Einäschern zur Wägung gelangen konnten. Es ergab sich 0,0112 g, d. i. ein Gehalt von 0,557% SiO_2 (bezw. Silikate).

Das in ammoniakalischer Lösung befindliche Chlorsilber wurde durch Salpetersäure wieder ausgefällt. Vom Niederschlag wurde abfiltriert, mit heißem Wasser ausgewaschen und das Filter getrocknet. Nach vorsichtigem Einäschern in einem gewogenen Porzellantiegel wurde die Asche mit wenig Salpetersäure befeuchtet und gelinde erwärmt. Hierauf wurden einige Tropfen Salzsäure zugegeben und zur Trockne verdampft. Erkaltet wog das Chlorsilber 0,0087 g, woraus sich für den Magnetkies ein Silbergehalt von 0,0065 g, d. i. 0,033% berechnet.

Das nach dem Abscheiden von Kieselsäure und Silberchlorid verbliebene Filtrat enthielt nunmehr in der Hauptsache Eisen, daneben in sehr geringer Menge Kupfer, Zink und Kobalt, gebunden an Salz- und Schwefelsäure, welch letztere bei der Oxydation des Schwefels entstanden war. Vor allem galt es, das Eisen herauszuschaffen. Das nächstliegende Verfahren wäre die Fällung desselben als basisches Acetat gewesen. Dagegen sprach aber der Umstand, daß hiebei stets kleine Mengen Kobalt mitgerissen werden, was auch durch wiederholte Fällung nicht vermieden werden kann. Das war hier um so mißlicher, als es sich ja nur um eine geringe Menge Kobalt handelte, abgesehen davon, daß etwa 12 g Eisen wiederholt als Acetat zu fällen gewesen wären. Ein anderer Weg war der, das Eisen, welches als Chlorid vorhanden sein müßte, mit Äther zu extrahieren,[2]) wobei weder Nickel noch Kobalt in die ätherische Lösung übergehen soll. Wenn hiebei auch die Entfernung des Eisens nicht quantitativ wäre, so würde in Verbindung mit dem Acetatverfahren eine Vereinfachung der Analyse erzielt worden sein. Diese Extraktionsmethode wird in der Hüttenchemie häufig angewendet, um kleine Mengen Nickel im Stahl oder Roheisen zu bestimmen. Aus Versuchen

[1]) Jahresbericht d. Chemie 1880, S. 1154.

[2]) Ledebur: Leitfaden f. Eisenhüttenlaboratorien. 1897. S. 59.

hatte sich jedoch ergeben, daß sich Zinkchlorid etwas in Äther löst.[1]) Damit nun auf die Bestimmung des Zinks nicht verzichtet werden mußte, wurde das Herschel'sche Verfahren gewählt, welches darin besteht, daß das Eisen als basisches Salz ausfällt, wenn man seine stark verdünnte und gut neutralisierte Lösung zum Kochen erhitzt. Es müssen aber entweder bloß Chloride oder bloß Sulfate vorliegen. Andre Metalle, insbesondere die dem Eisen ähnlichen, fallen hiebei nicht mit.

Es war also notwendig, die Lösung von den Sulfaten zu befreien, wenn man nicht die Chloride entfernen wollte, was in diesem Falle eine ganz beträchtliche Menge Silbernitrat erfordert hätte. Außerdem wäre durch einen Überschuß an letzterem ein Metall der vierten Gruppe hinzugekommen. Die Fällung mit Chlorbaryum erfolgte in der Hitze. Die Flüssigkeit war hiezu auf 5 Liter verdünnt worden. Das gefällte und durch längeres Dekantieren mit heißem Wasser sorgfältig ausgewaschene Baryumsulfat war durch mitgerissenes Eisen kaum gefärbt, so daß es auf Kobalt oder Zink nicht weiter geprüft werden brauchte. Das Filtrat, das mit dem Waschwasser vereinigt wurde, enthielt die Chloride von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zink und Kobalt nebst einem Überschuß des Fällungsmittels. Diese Lösung wurde nun auf 1 Liter eingeengt und mit Ammoniumkarbonat neutralisiert, bis eben eine deutliche Trübung entstand. Hierauf auf vier große Kolben verteilt, wurde die Flüssigkeit reichlich mit Chlorammonium als starkem Elektrolyten versetzt und mit so viel Wasser verdünnt, daß jeder Kolben gut 3 Liter faßte. Ein Liter enthielt so etwa 1 g Eisen. Dann wurde unter häufigem Umschütteln zum Kochen erhitzt, wodurch das Eisen als hellbrauner Niederschlag ausfiel. Sobald sich derselbe zu Boden gesetzt hatte, wurde die obenstehende klare Lösung durch ein Faltenfilter gegossen, der Kolben mit dem Niederschlag mit $2^1/_2$ Liter kochenden Wassers aufgefüllt, wieder etwas NH_4Cl zugegeben, geschüttelt, nach einigem Stehenlassen die klare Flüssigkeit wieder durch das Filter gegossen, der Niederschlag darauf gespült und dort nochmals mit $^1/_2$ Liter heißen Wassers gewaschen. Dasselbe Verfahren wiederholte sich für den Inhalt eines jeden der vier Kolben. Die klaren Filtrate wurden gesammelt, eingedampft, zunächst auf dem Gasofen, dann auf dem Wasserbade, wobei sich noch einige Flöckchen basischen Eisenchlorids ausschieden.

Zur Fällung des Kupfers wurde die mit Ammonsalzen übersättigte Flüssigkeit mit 30 ccm 6-fach Normalsalzsäure angesäuert, wodurch auch die Eisenflöckchen in Lösung gingen, und auf etwa 70° erhitzt. Ein kräftiger Schwefelwasserstoffstrom, der bis zum Kaltwerden eingeleitet wurde, fällte das Kupfer als Sulfid. Nach dem Filtrieren und Auswaschen mit Schwefelwasserstoff, dem einige Tropfen Salzsäure beigefügt waren, wurde der Niederschlag noch feucht in den gewogenen Porzellantiegel gebracht und durch Glühen in das Oxyd übergeführt. Es fanden sich 0,0189 g CuO, was einem Kupfergehalt von 0,0151 g = 0,076 % entspricht.

Im Filtrate waren nunmehr die Chloride von Eisen, Aluminium, Kobalt und Zink. Zum Verjagen der freien Salzsäure wurde eingedampft, hiebei schieden sich aber Ammoniumsalze in solcher Menge aus, daß weiteres Eindampfen vollständig zwecklos gewesen wäre. Um sie zu entfernen, wurde soviel Wasser zugesetzt, daß sie sich in der Kälte eben lösten, dazu 3 ccm 6fach N-Salzsäure und zum Kochen erhitzt. Nachdem dann einige Zeit Schwefelwasserstoff eingeleitet worden, wurde tropfenweise Ammoniak zugegeben, bis die Flüssigkeit eben darnach roch. Dadurch fielen die Sulfide der vier Metalle aus in schwarzen Flocken. Vom Niederschlag wurde filtriert, mit H_2S-wasser, dem etwas Chlorkalium zugesetzt war, gut ausgewaschen und das Filtrat mit Schwefelammonium auf die Metalle geprüft. Es trübte sich nicht. Die auf dem Filter befindlichen Sulfide wurden nun in Königswasser gelöst, die Lösung zur Trockne verdampft, der Rückstand mit Wasser, das mit einigen Tropfen Salzsäure angesäuert war, aufgenommen. Nach Neutralisation mit Na_2CO_3 bis zur Dunkelfärbung und Zusatz von Natriumacetat wurden Eisen und Aluminium in der Hitze gefällt, heiß filtriert und mit natriumacetathaltigem Wasser gewaschen, so daß im Filtrat neben dem Überschuß des Fällungsmittels nur mehr die Acetate von Kobalt und Zink waren.

Da beabsichtigt war, die Trennung beider Metalle in schwefelsaurer Lösung vorzunehmen, wurden sie zusammen aus der essigsauren Lösung mit H_2S gefällt, der Niederschlag gewaschen und in Königswasser gelöst. Durch viele Versuche im Laboratorium hatte sich nämlich ergeben, daß unter bestimmten Verhältnissen aus schwach schwefelsaurer Lösung bloß Zink, nicht aber Nickel ausfällt. Es war daher anzunehmen, daß sich Kobalt wie Nickel verhalten und nicht ausfallen würde.

[1]) Nach Mitteilungen von A. Schwager führten einschlägige Versuche zu dem Ergebnis: Kupfer, Nickel, Kobalt und Zink werden als Chloride bei Gegenwart von 20%iger Salzsäure von Äther ungefähr in nachstehenden Mengen gelöst: Cu zu 0,0120 %
Ni „ 0,0015 „
Co „ 0,0025 „
Zn „ 0,0480 „

Die Lösung der Sulfide in Königswasser wurde zur Trockne verdampft, 3,3 g $(NH_4)_2SO_4$ zugegeben und mit 50 ccm Wasser aufgenommen. Nachdem mit 1,5 ccm 0,35 n-H_2SO_4 angesäuert worden, wurde in der Kälte H_2S eingeleitet. Aber der Niederschlag blieb nicht weiß, sondern wurde schwarz, enthielt daher außer Zink noch Kobalt. Es wurde deshalb der Niederschlag wieder in Königswasser gelöst, zusammen mit dem Filtrat eingedampft, zuletzt die gebildete H_2SO_4 abgeraucht, der Rückstand in schwach angesäuertem Wasser aufgenommen, mit reiner Kalilauge und mit Bromwaser versetzt und erwärmt. Hiedurch wurde das Kobalt als schwarzes Oxydhydrat gefällt; filtriert, mit heißem Wasser ausgewaschen, getrocknet und über der Gebläseflamme im Porzellantiegel bis zur Gewichtskonstanz geglüht, wurde der Niederschlag als Co_3O_4 gewogen. Diese Art, das Kobalt zur Wägung zu bringen, ist ohne meßbaren Fehler bis zu einer Kobaltmenge von 30 mg zulässig.[1]) Es ergaben sich 0,0105 g Co_3O_4 oder 0,0077 g Kobalt = 0,039 %.

Nachdem das Filtrat, in dem sich das Zink befand, nochmals mit KOH und Bromwasser auf Kobalt geprüft worden war, wurde es mit Schwefelammonium versetzt, etwas erwärmt und 24 Stunden stehen gelassen. Dann wurde vom flockigen Niederschlag filtriert, ausgewaschen, in Königswasser gelöst in einen gewogenen Porzellantiegel hinein, H_2SO_4 abgeraucht, und das übrig gebliebene $ZnSO_4$ auf dem Gebläse in Oxyd übergeführt. Als solches gewogen, fanden sich 0,0108 g ZnO = 0,0055 g Zink (0,026 %).

Trotz des negativen Resultats der qualitativen Analyse wurde versucht, im Co_3O_4 Nickel nachzuweisen. Jetzt war um so mehr Aussicht hiezu vorhanden, da ja zur Analyse die zweifache Menge Magnetkies verwendet worden und die Acetatfällung des Eisens durch die viel zweckmäßigere Herschel'sche Methode ersetzt war. Das im Tiegel befindliche Co_3O_4 wurde in wenig konzentrierter HCl gelöst und in ein Becherglas gespült. Nachdem die Säure mit Kalilauge abgestumpft worden, wurde mit KCy im Überschuß versetzt, KOH und Bromwasser zugegeben und etwas erwärmt. Und dabei zeigte sich nicht nur ein schwarzer Ring, sondern es bildeten sich schwarze Flöckchen, die sogar eine quantitative Bestimmung wahrscheinlich machten. Zu diesem Zwecke wurde der Niederschlag abfiltriert, gut mit heißem Wasser gewaschen, mit HCl in Lösung gebracht, nochmals auf dieselbe Art gefällt, auf ein Filterchen gespült, gut ausgewaschen, getrocknet und über dem Gebläse bis zur Gewichtskonstanz geglüht. Als NiO gewogen mit 0,0046 g, berechnete sich ein Nickelgehalt von 0,0036 g = 0,018 %.

Hiedurch wurde eine Korrektur des gefundenen Co_3O_4 notwendig, nach Abzug von 0,0046 g blieben noch 0,0059 g Co_3O_4, d. i. 0,0043 g Co = 0,022 %.

Das Ergebnis der etwas langwierigen Untersuchung wird durch folgende Zusammenstellung veranschaulicht:

Angewandte Substanz:	19,9411 g	Magnetkies.	
Gefunden:	0,1112 „	Kieselsäure und Silikate	= 0,557 %
	0,0065 „	Silber	= 0,033 „
	0,0151 „	Kupfer	= 0,076 „
	0,0055 „	Zink	= 0,028 „
	0,0036 „	Nickel	= 0,018 „
	0,0043 „	Kobalt	= 0,022 „

Wenn man den Gehalt an Kobalt und Nickel vergleicht mit dem an den übrigen Metallen, so möchte man sich wundern, daß er nicht eher gefunden wurde. Es dürfte daran wohl weniger die Inhomogenität des Materials als vielmehr die Schwierigkeit der Trennung vom Eisen die Schuld sein.

Ist der Gehalt an sämtlichen Metallen viel zu gering, um technische Verwertung zu ermöglichen, so gewinnt doch der Gehalt des Erzes an Nickel und Kobalt für den Geologen ganz besonderes Interesse. Weinschenk (**95**), der nicht nur die alle Zweifel ausschließenden Beweise erbracht hat für die Kontaktnatur des Gümbel'schen Dichroitgneises, sondern auch die Entstehung der Fahlbänder vom Typus „Silberberg" durch Aufdringen feurig-flüssigen Erzmagmas am wahrscheinlichsten gemacht, weist auf die Möglichkeit einer Analogie mit den skandinavischen,

[1]) F. Übelhör: Vgl. Untersuchungen über d. gewichtsanalyt. Best. d. Kobalts. Inaug.-Dissert. München 1908.

piemontesischen und kanadischen Magnetkieslagerstätten hin. Danach würden hier eben an Stelle der lakkolithischen Spaltungen im Sinne Brögers, wie sie für die „Weltgruppe" Vogts[1]) angenommen werden, abyssische zu setzen sein. „Ein Unterschied von den an Gabbro gebundenen sulfidischen Erzlagerstätten bleibt aber immer bestehen, das ist einesteils der vollständige Mangel an Nickel und Kobalt, anderenteils das Auftreten von Zinnerz in dem Erzlager des Silberbergs."

Da nun der erste Unterschied, das gänzliche Fehlen von Nickel und Kobalt auf Grund der vorstehenden, ausführlich beschriebenen Untersuchung fortfällt, so bliebe für den Typus „Silberberg" als Charakteristikum das Vorkommen von Zinnerz, ähnlich wie die kanadischen Magnetkieslager durch einen Gehalt an Platinmetallen gekennzeichnet sind.[2])

c) Gehalt an Gold.

Daß der Magnetkies des Silberbergs geringe Mengen an Gold und Silber enthält, ist schon lange bekannt und es hat auch seit Anfang des 16. Jahrhunderts durchaus nicht an Versuchen gefehlt, die Edelmetalle zu gewinnen.

Nach Flurl (3, 262) war Nachahmungsgeist die Triebfeder, welche im 15. Jahrhundert allenthalben an den Wasserläufen des Bayerischen Waldes zum Seifen auf Gold nach dem Muster der böhmischen Nachbarn Veranlassung gab. Die Versuche mögen wohl den gehegten Erwartungen nicht entsprochen haben, besonders im Vergleiche mit den reichen Erfolgen der böhmischen Seifenwerke an der Moldau und Wotawa, so daß dafür mit dem Anfang des 16. Jahrhunderts die im Silberberg und seiner Umgebung brechenden Kiese, deren Farbe und Glanz Hoffnungen auf einen Goldgehalt geweckt haben mochte, große Bedeutung gewannen. Ein reger Bergbau setzte nunmehr ein, aufs eifrigste gefördert von den Herzogen Wilhelm und Ludwig, welche 1522 Lam und Bodenmais zu freien Bergstädten erhoben. Aber alle auf Gewinnung der Edelmetalle gemachten Anstrengungen hatten so wenig Erfolg, daß Herzog Wilhelm eine Vitriolhütte erbauen ließ, um die Kiese wenigstens auf Vitriol zu verarbeiten. Ums Jahr 1600 wurde beibrechender Bleiglanz gefördert, jedoch nicht in solcher Menge (1610—1614 nicht mehr als 878 1/2 Zentner), daß das darin enthaltene güldische Silber auf die Dauer eine Gewinnung verlohnt hätte. Trotz der schlechten Erfahrungen, welche man mit allen auf Edelmetalle abzielenden Versuchen bis jetzt gemacht, begann Max Emanuel etwa 100 Jahre später aufs neue mit Versuchen, zunächst auf Kupfer, aber nur mit geringem Erfolg. Im Jahre 1717 brachen auf der St. Barbaragrube einige Kiese, welche nach einer kleinen Probe 6 Lot 3 Quentchen fein Gold und 2 Lot 1 Quentchen 2 Deniers fein Silber lieferten.[3]) Daraufhin wurden 24 Zentner Kies zur Münze nach München geschickt, dort eingeschmolzen und daraus 11 7/8 Dukaten fein Gold und 13 5/8 Lot fein Silber gewonnen. Damit war ein Goldgehalt der Kiese wirklich erwiesen.

Als Herberge des Goldes kommt vor allem der Magnetkies in Betracht. Nach den Angaben Gümbels (**52**. 251) enthalten die Magnetkiese Gold und Silber von den geringsten Spuren bis zu 0,025% Gold und 0,063% Silber, anscheinend in äußerst fein verteiltem Zustande, so daß sie mechanisch kaum abgeschieden werden können. Deshalb lieferten auch Versuche im großen mit dem Amalgamationsverfahren nur einen sehr geringen Bruchteil des gesamten Gehaltes: eine Probe ergab so 0,0053% güldisches Silber und 0,0003% Gold. In den Rückständen der Vitriolerzeugung erschienen diese Gehalte jedoch bedeutend eingereichert mit 0,029% güldischem Silber und 0,0011% Gold, und noch die letzten Rückstände von beiden

[1]) J. H. L. Vogt: Bildung von Erzlagerstätten durch Differentiationsprozesse in basischen Eruptivgesteinen. Zeitschr. pr. Geol. 1893. S. 125.

[2]) Amer. Journ. of Science 37. 1889.

[3]) Flurl (**3**. 267) gibt hier einen höheren Gehalt an Gold als an Silber an. Pošepny (**81**. 248) macht darauf aufmerksam, daß dies wohl ein Druckfehler sei und daß die Zahlen für Gold und für Silber vertauscht zu werden verdienen.

zeigten 0,0138% güldisches Silber und 0,0003% Gold. Geröstete Erze aus dem Wolfgangstollen, welche als die reichsten gelten, ergaben einen Gehalt von 0,003% güldisches Silber, von dem jedoch mit der Platner'schen Extraktionsmethode nur der vierte Teil gewonnen werden konnte. Gümbel nimmt als Durchschnittsgehalt der Bodenmaiser Magnetkiese 0,00012% Gold an, was sie im Mittel zur lohnenden Gewinnung nicht eignet.

Von den vier Proben, welche ich auf Gold prüfte, war nur eine mit der genauen Fundstelle (Barbaragrube) bezeichnet. Zum Nachweis des Goldes wurde das Döring'sche Verfahren[1]) gewählt, welches auch die kolorimetrische Bestimmung ermöglicht.

Zu diesem Zwecke wurden 100 g feingepulvertes Material in Eisenpfannen geröstet und zur Zerstörung der hiebei entstehenden Sulfate wurde zuletzt über der Gebläseflamme scharf geglüht. Das so gewonnene Oxyd wurde in eine gut verschließbare Flasche gebracht und mit einem Gemisch von 2 ccm Äther und 2 ccm Brom 2 Stunden lang geschüttelt, um das Gold in Lösung zu bringen. Dann wurden 100 ccm Wasser zugegeben und nach häufigem Schütteln wurde zuletzt absetzen gelassen. Die klare gelb gefärbte Flüssigkeit wurde abfiltriert und auf 20 ccm eingedampft. Auf Zusatz von Zinnchlorid erfolgte bei Anwesenheit von Gold eine Färbung durch Goldpurpur von rosa bis fast violett je nach dem Goldgehalt. Durch Vergleich mit dem Goldpurpur von Lösungen mit bekanntem Goldgehalt ließ sich die Menge des im Erz enthaltenen Goldes berechnen.

Der erste Versuch nach diesem Verfahren ergab nicht einmal Rosafärbung, auch nach längerem Stehen nicht. Da diese Art auf Gold zu prüfen noch 0,5 g Gold in der Tonne Erz (d. i. eine Verdünnung von 1 : 2000000 durch andere Körper) nachzuweisen gestattet, so zeigt dies, daß der Goldgehalt des Magnetkieses weit unter den von Gümbel angegebenen Mittelwert herabgehen kann. Die zweite Probe aus der Barbaragrube hatte 0,00042%, die dritte Probe 0,00027%, die vierte Probe 0,00020% Gold. Der Durchschnittsgehalt dieser vier Proben ist etwas höher als der Gümbel'sche, nämlich 0,00022%.

Auf die Frage, ob aus den Bodenmaiser Magnetkiesen mit ihrem immerhin nicht unbeträchtlichen Gehalt an Gold detritales gediegen Gold entstehen könne, geht Pošepny (**81**. 249) ein. Vom rein chemischen Standpunkte sei sie zu bejahen. Denn der aus den oberen Erzlagerstättenregionen abgerissene und in den Erosionsdetritus gelangende Kies muß schließlich durch Oxydations- und Chlorisationsprozesse die Edelmetalle freigeben, wenigstens das Gold, da durch den letzten Prozeß das Silber fortwährend ausgelaugt wird, so daß eine Verbindung von der Zusammensetzung des Seifengoldes zurückbleiben müßte. Die außerordentliche Reduktion, welche die gegebenen Hälte zur Folge hätten, (0,001—0,000001% des Gewichts und 0,0002—0,0000002% des Volumens) ergäbe aber so winzige Stäubchen, daß sie mit den feinfühligsten Aufbereitungsvorrichtungen nicht aufgefangen werden könnten. „Die Bildung von praktisch auffangbarem Seifengold wird also auf diese Weise kaum erklärt, es sei denn, daß man das ursprüngliche Vorkommen von größeren Goldkörnern im Kiese annimmt, oder daß wir den freiwerdenden Goldteilchen das Vermögen, ineinanderzuschmelzen, vindizieren."

d) Trennung des Magnetkieses von den eingewachsenen Mineralien.

Eine Trennung des Magnetkieses von den in ihm enthaltenen Mineralien wurde vorgenommen, teils um für Aufstellung einer chemischen Formel möglichst kieselsäurefreies Material zu erhalten, teils um Aufschluß zu erlangen darüber, ob die Spuren von Kupfer, Zink, Kobalt und Nickel von Verunreinigungen herrühren. Eine solche Trennung möchte mittels schwerer Lösungen leicht erscheinen, da ja der Magnetkies ein spez. Gewicht von 4,6—4,8 besitzt, Quarz und die allermeisten Silikate aber ein solches von unter 3 haben. Allein da der zerkleinerte Pyrrhotin

[1]) Th. Döring: Berg- u. Hüttenm. Zeitung. Leipzig 1900. 98.

gerne Schüppchen und Blättchen bildet, welche auf der Oberfläche der schweren Flüssigkeit bleiben und auch durch Umrühren und Schütteln nicht zu Boden sinken, wie das spez. Gewicht erfordern würde, ist eine quantitative Trennung überhaupt nicht möglich. Freilich je gröber man das Korn nimmt, desto leichter ist die Trennung, aber desto größer ist auch die Wahrscheinlichkeit, daß das Korn noch Einschlüsse enthält.

Die Trennung wurde mittels Acetylentetrabromid, welches mit Benzol verdünnt wird, vorgenommen, da die Thoulet'sche Lösung für sulfidische Erze nicht brauchbar ist. Es fand sich Quarz, Cordierit, und zwar mit prächtigem Pleochroismus von $a = b$ dunkelblau, $b = c$ hellblau, $c = a$ gelblich, Orthoklas, Muscovit, Biotit, Granat, Sillimanit und ein gelbliches isotropes Mineral mit einer Lichtbrechung zwischen 1,33 und 1,42, ohne jegliche Spaltbarkeit, das vielleicht mit der amorphen Substanz identisch ist, welche die eigentliche Grenzschicht zwischen dem Erzkörper und dem Nebengestein bildet;[1]) ferner in sehr geringer Menge Kreittonit und Roteisen. Dünne Lagen dieses letzteren zwischen den schaligen Zusammensetzungsstücken des Magnetkieses waren schon wie S. 4 erwähnt, von G. Rose (**29**) angenommen worden, der damit den von Graf Schaffgotsch gefundenen höheren Eisengehalt zu erklären suchte. Ich glaube jedoch nicht, daß unverwitterter Magnetkies Eisenoxyd in solcher Menge enthält, daß hiedurch die chemische Zusammensetzung beeinflußt werden könnte. Eher mögen die Spuren Zink, welche im Magnetkies vom Silberberg sich finden, von einem geringen Gehalt an Kreittonit herrühren, obwohl derselbe außerordentlich widerstandsfähig gegen Säuren ist und deshalb wohl in dem in Säuren unlöslichen Rückstand enthalten sein dürfte.

Alle diese Mineralien, welche nicht in wohlausgebildeten Kristallen, sondern mit gerundeten Kanten und Ecken, eingebogenen, ja förmlich gerieften Flächen im Magnetkies eingewachsen sind, erscheinen bemerkenswert in verschiedener Hinsicht.

Als man in den Serpentineinschlüssen körniger Kalke der kristallinen Schiefer die Überreste eines organischen Wesens, jenes ***Eozoon canadense,*** erkannt zu haben glaubte, wurde eifrig nach ähnlichen Gebilden gesucht. Im körnigen Kalk verschiedener Fundstellen waren mehrere kristallisierte Mineralien gefunden worden, deren Oberfläche gerundet aussah, als wären sie geflossen oder angeschmolzen. Naumann[2]) führt von diesen Mineralien an: Augit, Hornblende, Granat, Apatit, Chondrodit. Für diese Erscheinung hatte man bis dahin keine Deutung gewußt. Die Pargasitkörner im körnigen Kalk von Pargas (Finnland),[3]) welche ganz dieselben Formen aufwiesen wie das Eozoon, abgerundete, ausgebogene und eingebuchtete Oberfläche, zeigten auch bei genauer mikroskopischer Untersuchung die Struktur des Eozoons, die walzenförmigen Ansätze und Röhrchen, so daß es scheinbar kaum noch zu bezweifeln war, daß auch in den Pargasitkörnern Abgüsse der Sarkodeteile wie bei Eozoon vorlagen, also ihre Form organischen Ursprungs war. Von dieser Meinung ausgehend, weist Gümbel (**50**. 42) auf den im Magnetkies eingewachsenen Quarz und Cordierit hin, als analoge Erscheinung, die vielleicht auf ähnliche Ursache zurückgeführt werden müsse: „Auf den Schwefel- und Magnetkieslagern im herzynischen Gneis des bayerischen Waldes bei Bodenmais findet man nämlich an bestimmten Stellen mit den Schwefelmetallen eine Menge fast wasserheller Quarzkörner, welche gewöhnlich, wegen ihres fettartigen Glanzes als Fettquarz bezeichnet werden. Es fällt an ihnen auf, daß dieselben stets in knollenähnlichen Ausscheidungen vorkommen, welche auf der Oberfläche abgerundet, wellig erhöht und vertieft, mit zylindrischen Auszackungen und Grübchen versehen sind. Ihre äußere Beschaffenheit ist ganz die der Hornblendeknöllchen von Pargas. In ähnlichen Gestalten zeigt sich zuweilen hier auch der Dichroit, obwohl dieser auch vielfach in vollständigen Kristallen ausgebildet ist. Vielleicht gelingt es auch in diesen schwierig zu behandelnden Mineralmassen organische Formen nachzuweisen."

---

[1]) E. Weinschenk (**95**. 377).

[2]) Fr. Naumann: Lehrb. d. Geogn. II. Aufl. I. 410 u. II. 85.

[3]) Nordenskiöld: Pogg. Ann. 96. 110 und Schweigg. Journ. 31. 405.

In der „Geognostischen Beschreibung des Ostbayerischen Grenzgebirges", also zwei Jahre später, führt Gümbel (**52**. 240) die gerundeten, inmitten der Kiese sich findenden, mehr oder weniger ausgebildeten Kristalle von Fettquarz an, die wie schmelzende Eiskörner aussehen, ohne jedoch auf eine Erklärung sich einzulassen. Gerade der Umstand, daß sich im Innern solcher Kristalle häufig kleine Körnchen Kies eingeschlossen zeigen, ist für ihn ein unzweideutiger Beweis dafür, daß Quarz und Kiese ziemlich gleichzeitig entstanden sind, zum mindesten die Kiese nicht später als der Quarz. Inwiefern dieser Schluß richtig ist, zeigte Weinschenk in eingehendster Darstellung der genetischen Verhältnisse der Kieslagerstätte am Silberberg (**95**). Als Hauptergebnis seiner Studien erscheint die Erkenntnis, daß die Bildung des Nebengesteins der Erze, des Cordierithornfelses, schon vollzogen war, als die sulfidischen Schmelzmassen aufdrangen. Teile des Gesteins wurden hiebei eingeschmolzen: aber die aus dem Schmelzflusse wieder auskristallisierenden Mineralien erhielten keine ebenen Kristallflächen und keine geraden Kanten, sondern jene angeschmolzenen Oberflächenformen, deren Erklärung so viele Schwierigkeiten bereitet hatte. Bei der Kristallisation dieser Mineralien konnte sulfidische Schmelzmasse eingeschlossen werden, so daß der Umstand, daß Quarzkristalle Kieseinschlüsse enthalten, nicht zu der Deutung zwingt, welche Gümbel hiefür gibt. Alle auf diese Weise in den Kiesmassen eingewachsenen Mineralien, nicht bloß Quarz und Cordierit, assen sich als dem Nebengestein entstammend erkennen; infolgedessen können sie nicht als eigentliche Gangart bezeichnet werden wie die Mineralien, die in Paragenesis mit einer Gangformation auftreten.

B. Kreittonit.

Schon im Jahre 1831 veröffentlichte F. v. Kobell eine kurze Notiz in Leonhards Jahrbüchern (**16**) über kleine Oktaeder eines Spinells mit abgestumpften Kanten. Sie fanden sich in einer Bodenmaiser Stufe von Gneis mit Magnetkies und Bleiglanz und erwiesen sich bei näherer Untersuchung als Pleonast. Das Vorkommen erschien F. v. Kobell um so interessanter, als ein ähnliches von dem nahe verwandten Spinell auf Ceylon beschrieben war. Aber erst 1848, als er eine größere Menge des am Silberberg vorkommenden Spinells von Breithaupt erhalten hatte, konnte er das Mineral einer Analyse unterwerfen und eine genauere Beschreibung liefern (**26**. 99). Aus der Analyse folgte, daß dieser Bodenmaiser Spinell nicht dem Pleonast, sondern dem Gahnit nahe steht. Wegen seines hohen spezifischen Gewichtes gab ihm v. Kobell den Namen Kreittonit.[1])

Der Kreittonit kommt am Silberberg in schwarzen Kristallen vor, welche in der Regel das Oktaeder mit gestreiftem Dodekaeder zeigen und häufig mit Schüppchen farblosen zweiachsigen Glimmers überzogen sind. Dünne Splitter des Minerals erscheinen tiefgrün, der Strich ist blaßgrün, der Bruch muschelig und pechglänzend.

Schon H. Fischer[2]) hatte in einem Kreittonitkristall Einschlüsse von Magnetkies gefunden und hierauf den schwachen Magnetismus des Minerals zurückgeführt. Eine ähnliche Erscheinung beschrieb K. Oebbeke (**75**), eine Durchwachsung von Kreittonit und Magneteisen. Die Magnetitkörner waren regellos in der grünen Masse verteilt, oder zeigten eine gesetzmäßige Anordnung in der Lage der Nebensymmetrieebenen. Die magnetitfreien Stellen wiesen ein intensiveres Grün auf als die an Einschlüssen reichen. In Rissen waren Einlagerungen von Eisenoxyd zu beobachten. Durch Zuhilfenahme eines Magneten wurde möglichst reines Material zu erhalten gesucht und dasselbe der Analyse unterworfen (Dr. Krauss). Da jedoch auf diese Art eine völlig quantitative Trennung des Spinells von seinen Einschlüssen nicht zu erreichen war, wie wohl unzweifelhaft der außerordentlich hohe Gehalt an Eisenoxydul zeigt, so erscheint die Zuverlässigkeit der Analyse sehr in Frage gestellt. Einen noch höheren Eisenoxydulgehalt gibt allerdings Gümbel (**52**. 248) an

[1]) Breithaupt hatte den Spinell aus demselben Grunde *Spinellus superior* genannt.

[2]) H. Fischer: Krit. Studien. II. S. 60.

der die Kobell'sche Analyse anführt, das Gesamteisen in dieser aber in Oxydul umrechnet (mit 18,48%); jedoch ganz mit Unrecht, weil ja das Eisen im Spinell nicht nur als Basis, sondern auch als Säure auftreten kann.

Es standen mir zwei Proben von Kreittonit zur Verfügung. Beim ersten Stück, welches von den Bestandteilen des Gneises graulichgrünen Feldspat, Quarz und Muskovit in größeren Partien enthielt, waren die Körner und Kristalle von Kreittonit im Quarz eingewachsen. Die Kristalle zeigten das Oktaeder mit dem gestreiften Dodekaeder und kleine Schüppchen weißen Glimmers als spärlichen Überzug. Das Pulver sorgfältig ausgewählter Splitter ergab keinerlei Einschlüsse, war also zu einer Analyse geeignet. Das zweite Handstück bestand neben Feldspat aus Quarz, der mit Kies, großen Biotitblättchen und Kreittonit imprägniert war. Wo der Spinell in Kristallen ausgebildet war, zeigte er dieselben Flächen wie bei der ersten Probe; nur waren hier die Körner und Kristalle mit Magnetkies oder Biotit durchwachsen, so daß kein Splitter abgeschlagen werden konnte, welcher nicht Einschlüsse enthalten hätte. In manchen Kristallen trat scheinbar eine vollkommene Spaltbarkeit auf; es ließen sich völlig planparallele Täfelchen abspalten mit spiegelnden Flächen. Aber die glänzenden Flächen erwiesen sich als Überzug mit einer Biotithaut, die sich ohne Schwierigkeit ablösen ließ. Die Durchwachsung mit Magnetkies schien nicht nach bestimmten Gesetzen, sondern ganz unregelmäßig erfolgt zu sein. In einem verhältnismäßig reinen Kristall von Kreittonit fand sich ein etwa 1 mm dicker bräunlich gelb durchscheinender Kristall eingeschlossen, der wegen des außerordentlich starken Glanzes und der anscheinend dem regulären System angehörigen Form als Zinkblende angesprochen wurde.

Die qualitative Untersuchung des reinen Materials ergab Eisen, Aluminium, Zink und Magnesium, jedoch kein Mangan.

Zur Bestimmung der einzelnen Elemente wurden etwa 0,5 g des staubfein gepulverten Kreittonits mit der achtfachen Menge Kaliumbisulfats aufgeschlossen. Die Aufschließung mußte zweimal wiederholt werden, da beim erstenmal ein kleiner Rest blieb, der, für sich aufgeschlossen, wiederum einen geringen Rest ergab. Aus der angesäuerten Lösung wurde zunächst mit Schwefelwasserstoff das Platin ausgefällt, im Filtrate Eisen, Aluminium und Zink zusammen durch Schwefelammonium; das Magnesium wurde im Filtrat von den Sulfiden als NH_4MgPO_4 gefällt. Die drei Sulfide wurden mit Salzsäure in Lösung gebracht, woraus Eisen und Aluminium als basische Acetate abgeschieden wurden. Zur Trennung beider Metalle wurde der Niederschlag in Salzsäure gelöst, eingedampft, wieder mit Salzsäure aufgenommen und die Lösung in eine ziemlich konzentrierte kochende Lösung von Kalihydrat getröpfelt. Der Niederschlag von Eisenoxydhydrat wurde wegen möglichen Kaligehalts nochmals in Salzsäure gelöst und durch Ammoniak wieder ausgefällt. Das Aluminium wurde aus dem mit Salzsäure neutralisierten Filtrat ebenfalls mit Ammoniak abgeschieden. Das Zink wurde aus der essigsauren Lösung nach Entfernung von Eisen und Aluminium durch Schwefelwasserstoff gefällt und als Sulfid zur Wägung gebracht. Zur Bestimmung des zweiwertigen Eisens wurde das Mineralpulver mit einer Mischung aus 3 Teilen konzentrierter Schwefelsäure und 2 Teilen Wasser fünf Stunden im zugeschmolzenen Glasrohr auf 210° erhitzt.[1])

Zum Vergleiche seien der Analyse jene von v. Kobell und Krauss beigefügt. Hier sei noch darauf hingewiesen, daß auch Rammelsberg (**54**) die Kobell'sche Analyse anführt mit abweichenden Zahlen, welche in Klammern beigesetzt sind.

		Sauerstoff	
Al_2O_3	50,51	23,76	26,66
Fe_2O_3	9,65	2,90	
FeO	8,68	1,93	8,66
MgO	2,54	1,02	
ZuO	28,91	5,71	
	100,29		

[1]) Friedheim: Quant. chem. Analyse. 1897. 238.

	v. Kobell		Krauss
Al_2O_3	49,73	(49,62)	48,401
Fe_2O_3	8,70	(9,60)	7,470
FeO	8,04	(7,99)	14,791
MgO	3,41	(3,40)	2,641
MnO	1,45	(1,44)	Spur
ZnO	26,72	(26,67)	27,445
	98,05	98,72	100,748

Aus der von mir ausgeführten Analyse berechnet sich als Formel des Kreittonits (Zn, Fe, Mg, Mn) O. $(Al, Fe)_2O_3$. Das spezifische Gewicht der einschlußfreien Probe des Spinells war nach der Bestimmung des Kgl. Landesgeologen A. Schwager 4,446; v. Kobell gibt (**26**. 99) als Dichte seines Analysenmaterials 4,49 an (von Breithaupt bestimmt); nach Rammelsberg jedoch wäre die Dichte 4,89 (**54**). Untersuchungen über das Leitungsvermögen des Kreittonits lassen ihn als ausgesprochenen Nichtleiter erscheinen, was von Beijerinck (**87**. 455) damit erklärt wird, daß das isolierende Alumiumoxyd die Hauptrolle spielt gegenüber dem leitenden Eisenoxyd.

Der Kreittonit findet sich am Silberberg kristallisiert wie auch derb überaus häufig. Zuweilen bildet er reiche Nester, er kann aber auch Jahre hindurch sehr selten werden. Kommt der Spinell auch noch in ziemlich bedeutender Entfernung vom Erz als akzessorischer Bestandteil der Kontaktschiefer vor, so ist sein Auftreten doch in der Regel mit dem des Erzes aufs engste verknüpft (**95**). Fast stets sind die Erzkörper und Erzgänge gegen das Nebengestein durch ein dunkles Salband abgeschlossen, welches aus Zinkblende und Kreittonit besteht. Auch die Streifen, Bänder und feinsten Abzweigungen weisen noch wie die Hauptkörper dieses Salband auf; hier ist es aber fast nur mehr der Spinell, welcher die Erzapophysen umhüllt, ja er vertritt oft selbst das Erz, so daß die letzten Ausläufer, welche das Erz in das Nebengestein sendet, auf weite Strecken hin bloß mehr aus Kreittonit bestehen. Wo das Erz in die granitischen, also feldspatführenden Gesteine eindringt, erscheinen dieselben mit Kreittonit völlig imprägniert, da der Spinell hier die Zinkblende vertritt. Er füllt alle Spalten und Spältchen im Gestein, die Risse und Sprünge in den Feldspatkörnern, welche wohl besonders durch das Aufdringen des sulfidischen Erzes veranlaßt wurden, und zeigt in diesen Ausfüllungen gegen den Feldspat zu einen ähnlichen Glimmerüberzug, wie ihn die großen Kristalle aufweisen. Kann er sich ausbreiten, bildet er gerne Kristalle, welche die schon erwähnte Durchwachsung von Magneteisenskeletten erkennen lassen, aber immer bezeichnenderweise durch feine Erzschnüre untereinander in Verbindung stehen. Wie er in den Feldspatgesteinen die Zinkblende ersetzt, deren dunkle Farbe infolge hohen Eisengehalts eine Unterscheidung, makroskopisch wenigstens, oft nicht leicht macht, so vertritt der Spinell in den Gneisen zuweilen jene amorphe Substanz, die eine scharfe Grenze zwischen Erz und Nebengestein darzustellen pflegt.

Wird so der Kreittonit auch überall in den erzhaltigen Gesteinen angetroffen, so deutet doch die ganze Art seines Auftretens mit Sicherheit darauf hin, daß er ihnen ursprünglich nicht angehörte, sondern erst später zugeführt wurde mit den Erzen. Nach E. Weinschenk (**95**. 348) erklärt sich die Bildung des Spinells durch Reaktion des Zinksulfids auf die tonerdereichen Silikate, entsprechend der von Stelzner[1]) beschriebenen Bildung von Zinkspinell in Zinkmuffeln. Da das Zink-

[1]) A. Stelzner und H. Schulze: Über die Umwandlung der Destillationsgefäße der Zinköfen in Zinkspinell und Tridymit. N. Jahrb. f. Min. 1881. I. S. 120.

sulfid nicht nur den reaktionsfähigsten, sondern auch den leichtflüchtigsten Bestandteil unter den Erzen darstellte, so sublimierte es mit Leichtigkeit gegen die Erkaltungszonen zu und schlug sich als Salband auf den Grenzen der Erzkörper nieder, oder es drang auf Kapillaren und Spältchen in das Nebengestein ein und bewirkte dort eine Wechselzersetzung mit den Tonerdesilikaten. Für letztere Reaktion scheint nach E. Weinschenk auch die Erscheinung zu sprechen, daß alle übrigen Erzbestandteile der Lagerstätte hin und wieder als Imprägnation oder in Gängen in das Nebengestein übersetzen mit Ausnahme der Zinkblende, an deren Stelle schmale Gangtrümer und Imprägnationen von Zinkspinell getreten sind, die sich aber um vieles weiter im Nebengestein verbreiteten.

Für den Lagerstätten-Geologen gewinnt der Kreittonit besonderes Interesse dadurch, daß der letztgenannte Autor in der Erscheinungsform des Spinells ein wesentliches Merkmal für das Alter der Erze gegenüber dem Nebengestein erblickt, wodurch dieselben als jüngere Bildung, nicht aber als gleichzeitige charakterisiert werden.

C. Magneteisen.

Das Magneteisen tritt nicht als Bestandteil des Kieslagers auf wie bei den skandinavischen Falbändern; doch bildet es auch am Silberberge keine große Seltenheit.

Als Einsprengung in den Kiesen bricht es meist feinkörnig, zuweilen als ziemlich reine Ausscheidung. Es zeigt dann keine attraktorischen Eigenschaften oder solche doch nur in sehr geringem Grade. In größerer Menge findet sich das Mineral in einem Pegmatitgang, der nahe dem Gipfel des Berges aufsetzt (nach Gümbel [**52**. 253] in den oberen Teufen des hangenden Trumms — des Ausläufers —). Hier kommt es derb, großblättrig, selten auch in vollkommen ausgebildeten Kristallen vor in Putzen und Nestern und zeichnet sich durch polarattraktorische Eigenschaften aus. Als akzessorischen Gemengteil der Gesteine des Silberbergs trifft man den Magnetit zuweilen in kleinen Oktaederkriställchen bei der mikroskopischen Untersuchung an.

Einige Proben des Magneteisensteins vom Silberberg wiesen einen Gehalt an Titan auf. Derselbe ist nach den Untersuchungen Vogels in manchen Stücken so bedeutend, daß diese als Titaneisen angesehen werden müssen (**37**. 840; **54**, 155). v. Kobell fand im Magneteisen kein Nickel, dagegen geringe Mengen Mangan (**52**. 253).

Zur Untersuchung waren mir zwei Proben übergeben worden. Das eine Stück war aus einem kleinen Pegmatit gebrochen, der Magneteisen in ziemlich großen, gerundeten Körnern enthielt. Ausgewählte Splitter dieser Körner erwiesen sich sehr rein, so daß sie zweckmäßig einer Analyse unterworfen wurden.

Die qualitative Untersuchung ergab einen Gehalt an Titan und Spuren von Mangan. Zur quantitativen Bestimmung wurde mit Kaliumbisulfat aufgeschlossen, aus der mit schwefliger Säure reduzierten Lösung durch anhaltendes Kochen die Titansäure gefällt und im Filtrat das Gesamteisen mit Permanganat titriert. Der Gehalt an Eisenoxydul wurde wie beim Kreittonit bestimmt.

	I.	II.	III.
Fe_2O_3:	69,30	63,00	68,11
FeO:	25,46	17,79	30,85
MnO:	Spur	—	0,80
TiO_2	5,11	18,53	—
	99,87	99,32	99,76

Da ein Titangehalt sowohl von beigemengtem Titaneisen als auch von einer chemischen Vertretung des Eisenoxyds durch eine Verbindung von der Zusammensetzung des Titaneisens herrühren kann, läßt sich aus der von mir ausgeführten Analyse (I) nicht ohne weiteres eine Formel ableiten. — II ist eine Analyse

Vogels (**54**. 166), welche zeigt, daß das als Magneteisen bezeichnete Mineral in Wirklichkeit Titaneisen war, III eine von Thiel (**76**. 8) ausgeführte Analyse von völlig titanfreiem, blättrigem Magneteisen vom Silberberg.

Die zweite Probe von Magneteisen war kristallisiert. Der Kristall, welcher etwa $^3/_4$ cm Durchmesser hatte, zeigte das Granatoeder mit sehr rauhen schwarzen Flächen, welche scheinbar nicht angewittert waren. Die schaligen Absonderungsstücke, jedoch hatten einen bräunlichen Überzug und unter dem Mikroskop fand sich dem Mineralpulver beigemengt Roteisen und Kreittonit, letzterer allerdings nur in geringer Menge. Das Magneteisen war mit Säuren nicht vollständig in Lösung zu bringen; der unlösliche Rückstand war ein schwarzes Pulver, wahrscheinlich Titaneisen und zum kleineren Teile Kreittonit. Wegen der geringen Reinheit wurde von einer vollständigen Analyse abgesehen und bloß der Gehalt an Titan bestimmt. Er betrug 1,97%.

D. Zinkblende.

Wie die meisten sulfidischen Mineralien ist auch die Zinkblende am Silberberg nicht kristallisiert, sondern bloß derb bekannt. Ihr Vorkommen tritt gegenüber den mächtigen Kiesmassen außerordentlich zurück, wenn es auch nach Magnet- und Schwefelkies das bedeutendste ist.

Die Zinkblende ist den Kiesen beigemengt seltener als feine Einsprengung, häufiger in großblättrigen Nestern. Die größte Verbreitung erlangt sie als körnig ausgebildetes, oft scharf markiertes Salband der Erzkörper gegen das Nebengestein. Von allen Erzen schied sich die Blende wohl zuerst aus, bedeckte die Felswände und hüllte die losgebrochenen Gesteinsstücke ein, so daß Ringel- oder Kokardenerze entstehen konnten. Sie tritt deshalb dort häufiger auf, wo die Kiese vom Gestein eingezwängt werden — bei der Absätzigkeit der Erzführung keine allzu seltene Erscheinung —, so daß die Zinkblende vom Bergmann als „Erzräuber" bezeichnet wird im Gegensatz zum grünen Feldspat, dem „höflichen Gestein". Der Bau des Kieslagers erhält durch die schmalen Zinkblendesalbänder eine Andeutung von bilateraler Symmetrie (**95**. 363). Wo das Nebengestein der Erze tonerdereiche Silikate, wie Feldspat führt, findet sich als Ersatz des Blendesalbandes ein solches von Zinkspinell (Kreittonit). Man trifft die Zinkblende auch zuweilen im Nebengestein an, jedoch nie zusammen mit Feldspat, sondern nur mit Quarz, ein Beweis für die schon besprochene Bildung des Zinkspinells aus der Blende.

Die am Silberberg brechende Zinkblende ist stets von dunkler Farbe, braunschwarz bis schwarz,[1]) was sie, besonders bei dichter Ausbildung, dem Kreittonit sehr ähnlich aussehen läßt. Ist sie aber im Bruch grobblätterig, so wird die Unterscheidung vom Bleiglanz oft schwierig wegen ihres starken, fast metallischen Glanzes. Der Strich ist braun bis schwarzbraun, das spezifische Gewicht nach Thiel (**76**. 6) 4,025.

Thiel, der diese Zinkblende zuerst quantitativ untersuchte (I), fand einen kleinen Gehalt an Kadmium, den schon Gümbel (**52**. 253) vermutet hatte, weil er in der Vitriolmutterlauge Kadmium hatte nachweisen können. Durch meine Analyse findet sich dies bestätigt (II). Die von mir analysierte Probe war von großblätterigem Bruche und hatte nach einer Bestimmung von Herrn Landesgeologen A. Schwager ein spezifisches Gewicht von 4,007.

[1]) Der schon erwähnte Einschluß im Kreittonit, den ich wegen des auffallend starken Glanzes für Zinkblende halte, ist heller braun gefärbt.

	I.	II.
Zn	55,89	55,02
Fe	11,05	11,99
Cd	0,30	0,22
S	32,63	32,92
	99,87	100,15

Zur Bestimmung von Schwefel, Eisen und Zink wurde $^1/_2$ g Zinkblende in Salzsäure, welcher Brom zugefügt worden war, gelöst. Mit Bariumchlorid wurde die Schwefelsäure gefällt; das Filtrat nach Neutralisation mit Natriumazetat gekocht und nach der Abscheidung des Eisens das Zink durch Schwefelwasserstoff gefällt. Das Kadmium wurde aus einer Lösung von fast 5 g Blende mit Schwefelwasserstoff gefällt, in Salpetersäure gelöst und mit Kaliumkarbonat wieder abgeschieden.

Thiel berechnet aus seiner Analyse, daß die Zinkblende, vom Kadmiumgehalt abgesehen, aus einer Mischung von 22 ZnS und 5 FeS bestehe; meine Analyse entspricht so ziemlich der allgemeinen Formel (Zn, Fe, Cd)S. Auffällig ist der hohe Eisengehalt, dem das Mineral die dunkle Farbe dankt und der die Bezeichnung Eisenblende rechtfertigt.

Die Menge der Förderung ist zu gering, als daß sie den Betrieb beeinflussen könnte; die Zinkblende wird mit den Kiesen zusammen der Verwitterung überlassen.

E. Karinthin.

Vom Silberberg sind schon verschiedene Hornblendemineralien bekannt. Bischof führt eine basaltische und eine andere Hornblende von Bodenmais an (**34**. 871). Ein weiteres zur Hornblendegruppe gehöriges Mineral, das wegen seines bronzitähnlichen Glanzes bald als Hypersthen, bald als Anthophyllit angesprochen wurde, beschreibt Gümbel (**52**. 242). Es kommt in großen Ausscheidungen auf dem Kieslager des Silberbergs vor, aufs innigste mit Schwefelkies durchwachsen, so daß es nicht möglich war, reine Stückchen zu gewinnen, welche zur Analyse oder auch nur zur Bestimmung der Dichte hätten verwendet werden können. Es bricht in feinfasrig-strahligen Aggregaten und hat abwechselnd eine weißliche, grünlich graue und bronzeähnliche Farbe mit einem seidenartigen Schimmer. Infolge des Umstandes, daß das Mineral in Strahlstein übergeht, glaubt Gümbel es für strahlige Hornblende oder Aktinolith halten zu dürfen, um so mehr als lichtgrüner Strahlstein in feinfaserigen büscheligen Aggregaten auf der Kieslagerstätte sich findet (Gottesgabegrube, Wolfgangstollen und Gieshübelgrube). An letzterwähnten Fundstellen bricht der Strahlstein im innigen Gemenge mit Kalkspat, Zinkblende und kleinen Partien von violettem Flußspate. — Für eine braune, als Anthophyllit angesehene Hornblende wies Weinschenk (**85**. 193) die Zugehörigkeit zur gemeinen Hornblende nach. Bei diesem braunen Amphibol lassen sich Übergänge in grüne Hornblende beobachten, ein Prozeß, der nach Weinschenk der Uralitisierung der Augite parallel läuft.

Die als Strahlstein bezeichnete Hornblende aus der geognostischen Sammlung des Kgl. Oberbergamts bildet strahlig-faserige Aggregate von dunkelgrüner Farbe, welche mit Magnetkies verwachsen sind. Der Strich ist graugrün. Unter dem Mikroskop lassen sich neben der Hornblende noch Epidot und Biotit erkennen. Die Hornblendefasern zeigen kräftigen Pleochroismus; der der Längsrichtung zunächst schwingende Strahl hat die für den Karinthin charakteristische blaugrüne Farbe,[1]) $\perp$ zur Faserung gelblich bis gelbgrün. Die Auslöschungsschiefe wurde gemessen zu 15—18°; nach Tschermak beträgt sie für den Karinthin 17° (**103**. 235).

[1]) E. Weinschenk: Die gesteinsbildenden Mineralien. 1901. 106.

Der Karinthin ist durchwachsen von Epidot, in welchen die Hornblende überzugehen scheint; denn häufig nehmen die Karinthinfasern in der Nähe der Epidotkörner anomale tiefe Interferenzfarben an. Ebenfalls in die Karinthinbüschel eingelagert finden sich Biotitflasern, die der Hornblende recht ähnlich sehen: Pleochroismus von blaugrün zu strohgelb. Sie zeigen gute Spaltbarkeit, aber im Gegensatz zur Hornblende stets gerade Auslöschung. Ich glaube, daß der Biotit in Umwandlung zu Hornblende begriffen ist. Darum auch manchmal die gesunkenen Interferenzfarben vom Biotit und die Beeinflussung von Epidot. In der Nähe des Magnetkieses ist die Karinthinhornblende zu chloritartiger, gering doppelbrechender Substanz zersetzt.

II. Teil. Gesteine.

A. Cordierithornfels (Dichroitgneis).

Bodenmais bildet ungefähr den Mittelpunkt der Verbreitung des Gümbel'schen Dichroitgneises im Bayerischen Walde. Am Silberberg gehören nur die höchsten, stark gefalteten Schichten dem Dichroitgneis an; südlich wird dieser von grauem Granit unterteuft, und stets nahe der Grenze der beiden Gesteine, aber innerhalb des Gneises, sind die linsenförmigen bis lagerartigen Erzkörper eingeschaltet, als ein Beispiel jener weitverbreiteten Gruppe der Fahlbänder.

Der Dichroitgneis, das Nebengestein der Erze, stellt einen wichtigen Horizont des jüngeren oder herzynischen Gneisstockwerks Gümbels dar. Er „schließt sich dem allgemeinen Habitus nach zunächst an den Körnel- oder Schuppengneis an, in welche er auch streichend zu verlaufen pflegt. Als Typus dieser Gneisvarietät ist ein körnigstreifiges Gestein zu betrachten, welches aus wechselnden Lagen von körnigen, an Feldspat und Quarz reichen Streifen und von streifig schuppigen, glimmerreichen Lamellen zusammengesetzt und seltener als eine ziemlich gleichförmig gemengte mittelkörnige granitartige Felsart entwickelt ist. Den wesentlichen Gemengteilen des Gneises gesellen sich bei dieser Varietät in putzen- oder knollenartigen, selten vollkommen auskristallisierten Partien, welche ganz nach Art des Quarzes auftreten, der Dichroit in fast steter Begleitung von Almandin (Granat) und einem aspasiolithartigen Mineral oder von den diesem verwandten Mineralien bei". (**52**. 237.) Die wesentlichen Gemengteile bilden Feldspat (überwiegend Orthoklas), Biotit, Muskovit und Quarz.

Zu ganz anderer Anschauung der petrographischen Verhältnisse gelangte E. Weinschenk durch seine eingehenden Studien der Aufschlüsse am Silberberg.[1]) Gümbel war entgangen, daß der Feldspat dem Gneis selbst gar nicht eigen war, sondern den Apophysen des Granits, welche das kristalline Schiefergestein durchschwärmen, entstammte. Ein solches Gestein, dem der Feldspat ganz fehlt oder aber nur als akzessorischer Gemengteil angehört, fällt nicht mehr unter den petrographischen Begriff „Gneis" im weitesten Umfange. Noch weniger kann es Anspruch erheben auf die Bezeichnung „Gneis" im geologischen Sinne des Wortes, da das hier in Betracht kommende Gestein sicher kein Bestandteil des sogen. Urgebirges, der Erstarrungskruste der Erde, ist, sondern ein durch Kontaktmetamorphose umgewandelter Tonschiefer, dessen geologisches Alter höchst wahrscheinlich nicht älter als postkambrisch angesehen werden darf. Zu den von H. Rosenbusch aufgestellten Typen der Ortho- und Paragneise hat das Gestein keine Beziehungen,

[1]) Siehe Literatur-Übersicht.

und E. Weinschenk hält es für viel zweckmässiger, für alle diese Bildungen von dem Namen „Gneis“ abzusehen und diese Gesteine einfach als von Granit injizierte Hornfelse zu bezeichnen.

Auf die ausführliche Darstellung der geologichen wie petrographischen Verhältnisse der Kieslagerstätte am Silberberg, welche der vorgenannte Autor in den in der Literatur-Übersicht aufgeführten Arbeiten gibt, sei hier verwiesen. Anschließend an die petrographisch-mikroskopische Beschreibung des Cordierit-Hornfelses (**95**. 368) sei es mir gestattet, eigene Beobachtungen beizufügen, welche als Ergänzung der mikroskopischen Untersuchung dienen mögen.

Als Hauptgemengteile des Gesteins erscheinen Quarz, Cordierit, daneben Glimmer und Sillimanit. Gelegentlich ist die Entscheidung, ob man es in der Hauptsache mit Quarz oder mit Cordierit zu tun habe, nicht leicht zu treffen; besonders, wenn es sich um farblose Körner handelt, welche keine Umwandlung zu glimmeriger Substanz zeigen. Doch verrät den Cordierit oft der Umstand, daß er weniger häufig in Auslöschstellung gelangt als der Quarz, und in den meisten Fällen liefert die Untersuchung bei konvergentem Lichte, auch wenn das Mineral nur den Austritt einer Achse zeigt, mit Hilfe der Becke'schen Methode[1]) eine einwandfreie Bestimmung. Kataklasstruktur war nirgend am Quarz wahrzunehmen, dagegen in der Nähe der Erze öfter undulöse Auslöschung.

Figur 2.
Zersetzter Cordierit
im Cordierit-Hornfels des Silberbergs.
Vergrößerung $\frac{100}{1}$.
Links oben und rechts unten dunkel gestellter Biotit.

Wie den Quarz so durchziehen auch den Cordierit Schwärme von Sillimanit, geknickt und gefaltet, als einziger Ausdruck der ursprünglichen Schichtung. Nach den Beobachtungen E. Weinschenks (**95**. 373 u. 398) ist, so häufig auch die Umwandlung des Cordierits in den granitischen Lagen auftritt, eine Zersetzung des körnigen Cordierits der Schiefer selbst an stark verwitterten Stellen niemals zu Pinitaggregaten zu bemerken. „Die Umwandlung des Cordierit in Pinit erweist sich dadurch als kein Produkt der atmosphärischen Verwitterung, sondern vielmehr als eine Erscheinung, welche offenbar mit den vulkanischen Prozessen selbst zusammenhängt.“ Dieselbe Wahrnehmung, daß der Cordierit in den Graniten zersetzt, in den Hornfelsen dagegen unversehrt sei, macht auch Luczizky[2]) in den Kösseiner Gesteinen.

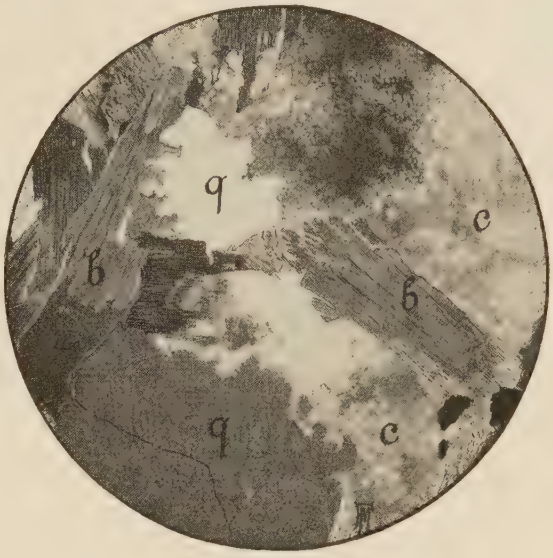
Meine Untersuchungen können dies nicht bestätigen; im Gegenteil fand ich den formlosen Cordierit des Hornfelses häufig umgewandelt. Figur 2 zeigt einen solchen in Umbildung begriffen. Die Zersetzung schreitet von außen nach innen vor und bevorzugt besonders Risse und Sprünge. Zuweilen hat es den Anschein, als ob diese Sprünge Spaltrisse wären, die parallel verlaufen, aber abge-

[1]) F. Becke; II. Opt. Untersuchungsmethoden. Abh. d. Wiener Akad. d. Wiss. Bd. LXX. 1904. S. 26. S. a. H. Rosenbusch und E. A. Wülfing: Mikr. Physiographie. I. Bd. I. 1904. S. 335.

[2]) W. Luczizky: Der Granit von Kössein im Fichtelgebirge und seine Einschlüsse. Tschermaks min. u. petr. Mitteilg. 1905. 24. Bd. S. 345.

sehen davon, daß in den Hornfelsen der Cordierit ohne Andeutung einer Kristallform ausgebildet ist, gehen die Risse in derselben Richtung durch Biotit und Muskovit hindurch, ja lassen sich in dem so spröden Granat noch verfolgen.

Eine seltsame Ausbildung zeigt manchmal der Biotit. Die braunen Blättchen weisen dann am Rande eine skelettartige Form auf, ähnlich dem *quartz vermiculé*, besonders gerne, wo sie an Quarz angrenzen. Diese mikropegmatitische Verwachsung, die sich so herausbildet, wenn Biotit und Quarz aller Wahrscheinlichkeit nach gleichzeitig auskristallisierten, findet sich nicht nur bei diesen zwei Mineralen, wie sie E. Weinschenk (**95**. 375) und W. Luczizky[1]) schon beschrieb, sondern auch bei Biotit und Cordierit (Figur 3). Die gleichzeitige Ausscheidung als Ursache dieser Struktur sehen auch H. Hirschi[2]) (bei Orthoklas und Glimmer, Quarz und Hypersthen) und L. Duparc[3]) an (bei mikropegmatitischer Verwachsung von Spinell und Hypersthen, Feldspat und Hypersthen oder Augit).



Figur 3.

c = zersetzter Cordierit. q = Quarz. b = Biotit von Quarz, insbesondere von Cordierit wurmförmig durchwachsen. Cordierit-Hornfels vom Silberberg. Vergrößerung $\frac{51}{1}$.

Der Biotit ist meist nelkenbraun || der Spaltbarkeit, braungelb bis farblos ⊥ dazu. Zuweilen trifft man auch rubellanartigen Glimmer. Ein Dünnschliff des Gesteins in der Nähe des Erzes zeigt Cordierit, Biotit und Magnetkies in gegenseitiger Durchdringung. Der Cordierit ist in die bekannten glimmerigen Substanzen umgewandelt; ab und zu begegnet man kleinen, häufig gerundeten Resten von frischem Cordierit. Zirkoneinschlüsse mit schmutziggrünen pleochroitischen Höfen sind sehr häufig. An Menge herrscht der Cordierit vor, einer Grundmasse gleich umfließt er im Schliff die beiden anderen Gemengteile. Zuweilen beobachtet man Schwärme von Fibrolithen (Sillimanitnadeln). Der Biotit, tiefrotbraun || der Spaltbarkeit, strohgelb ⊥ dazu, tritt, da er den Cordierit nach allen Richtungen durchwächst, in den merkwürdigsten lappigen Gebilden auf. Er ist reich an Einschlüssen von Zirkon mit nelkenbraunen Höfen. Kleine Glimmerpartikelchen sind fast stets abgerundet, oft bis zu kreisförmigen Gebilden. Der Biotit erscheint stets optisch einachsig. An Stellen beginnender Ausbleichung ist er außerordentlich reich an Ausscheidungen von feinsten Rutilmikrolithen, die sich häufig zu einem wirren Filz vereinigen. Diese Ausbleichung und intensive Titanausscheidung tritt besonders dort im Biotit ein, wo er an Magnetkies grenzt oder in denselben eingewachsen ist. Zeigen die parallel der Spaltbarkeit angeschnittenen (im Schliff bedeutend häufigeren) Biotite stets die Rutilausscheidung, so ist dies

[1]) W. Luczizky: loc. cit. S. 348.

[2]) H. Hirschi: Beiträge z. Kenntnis d. gesteinsbildenden Biotite etc. Zürich. Inaug.-Diss. 1901.

[3]) L. Duparc et F. Pearce: Recherches pétrographiques sur l'Oural. Genève 1905. S. 4.

an den Schnitten ⊥ hiezu häufig nicht wahrzunehmen. Diese Nadelbildung scheint demnach besonders gern nur nach einer Richtung, der Spaltbarkeit zu erfolgen. Das Erz zeigt die besondere Eigenschaft, daß seine lappigen Konturen schartig sind und wie angefressen aussehen, jedoch nur, wo sie an Cordierit grenzen oder an dessen Zersetzungsprodukte. Zugleich finden sich die leicht gelblich getönten Glimmerschüppchen des umgewandelten Cordierits um das Erz herum ausgebleicht. Die Doppelbrechung in dieser Zone kann hiebei auf Null sinken. Dieses Verhalten des Erzes, zusammen mit der ausbleichenden Einwirkung auf den Glimmer könnte die Folge einer Oxydation des Magnetkieses und einer möglichen Bildung von Schwefelsäure sein. Nicht selten sind Erzkörner, wenn sie von Cordierit allseitig umgeben sind, nur mehr lose maschenartige Gebilde, aus deren Maschen eine glimmerige Substanz von höheren Interferenzfarben als die Cordieritglimmerumgebung herausleuchtet.

Gegen den Biotit tritt der Muskovit sehr zurück. Sekundäre Bildung von Kaliglimmer, kenntlich an der starken Doppelbrechung, zeigt Figur 3 an dem in der Mitte des Gesichtsfeldes links befindlichen dunkelgestellten Biotitblättchen, ebenso an dem schief von den Erzkörnern rechts unten bis in die Bildmitte ziehenden Biotitindividuum.

Der Sillimanit, dessen Stränge in den Hornfelsen bisweilen so dicht werden können, daß gegen ihn Quarz und Cordierit zurücktreten, fehlt nach den Beobachtungen E. Weinschenks (**95**. 377) unter den im Erz eingeschlossenen Mineralien, und an seiner Stelle tritt äußerst selten Andalusit auf, von dem er durch den positiven optischen Charakter unterschieden ist. Als ich eine Trennung des Erzes von seinen mineralischen Einschlüssen mittels Azetylentetrabromid vornahm, fand ich darunter auch den Sillimanit und ich begegnete ihm wieder in den Dünnschliffen, wo er nicht nur treppenförmig in das Erz hineinragte, sondern in demselben auch eingeschlossen war, so daß der Durchschnitt oft wie zerhackt aussah infolge der scharfen Konturen der Sillimanitnadeln.

Den Cordierit ersetzt oft in den Hornfelsen der Almandin in Körnern oder Ringen, aber wie die Hauptgemengteile alle ohne kristallographische Begrenzung. E. Weinschenk (**95**. 377) erwähnt als besonders auffallende Erscheinung, daß die den Hornfels durchsetzenden Schnüre von Sillimanit in der Nachbarschaft des Granates plötzlich absetzen und eine vorherrschend aus Quarz bestehende einschlußarme Zone um denselben freilassen. Ich konnte diese Wahrnehmung ebenfalls machen, nur bestand der einschlußarme Ring um den Granat statt aus Quarz aus Cordierit oder auch ganz aus seinen Zersetzungsprodukten. Überschritten dann auch an wenigen Stellen die Sillimanitzüge diesen Ring, so drangen sie doch nie bis in die Mitte des Granat vor, sondern hielten sich immer nur am Rande desselben. Der Grund dieser Erscheinung dürfte vielleicht darin liegen, daß sich der Granat etwas früher ausgeschieden hat als Quarz und Cordierit; daß er wenigstens teilweise vor diesen beiden Mineralien verfestigt war, ersieht man daraus, daß er zuweilen zerbrochen und zerbröckelt zwischen ihnen sich vorfindet. Immer zeigt er Risse und Sprünge, auf denen dann schwache Doppelbrechung zu beobachten ist. Einschlüsse beherbergt er sehr häufig, insbesondere Biotit, Quarz und Zinkspinell,[1]) Sillimanit und auch wie der Cordierit Flüssigkeitseinschlüsse. Ab und zu sind Biotitlamellen in malerischem Gewirr um Granat angeordnet. Ein Schliff zeigt ein großes Granatkorn,

[1]) H. Rosenbusch erwähnt in diesem Granat Einschlüsse von Pleonast, doch dürfte es sich hier um den Zinkspinell handeln. Unter dem Mikroskop sind beide nicht zu unterscheiden.

dessen Kern rotgefärbt ist, soweit er mit zahlreichen Erzstäubchen übersät erscheint; der Rand hingegen, der davon frei ist, ist farblos.

Ein Dünnschliff läßt besonders schön zwei Lagen „Gneis“ erkennen, welche mit zwei Lagen injiziertem Granit abwechseln. Der Granit besteht vorzugsweise aus Quarz und Orthoklas, gegen deren Menge Biotit und Plagioklas zurücktreten. Die Struktur ist ausgesprochene Pflasterstruktur. Am Kontakt mit dem Schiefer kommt zuweilen Cordierit hinzu. Die „Gneis“lagen zeigen deutliche Schieferung vor allem durch die Anordnung des Biotits, durch die Schwärme von Sillimanitprismen, welche den Quarz und Cordierit durchziehen und durch die grünen, isotropen Körner von Spinell, die den Kontakt mit dem Granit ständig begleiten. Der Biotit ist ∥ der Spaltbarkeit nelkenbraun, ⊥ dazu strohgelb bis bräunlichgelb; der Cordierit hat häufig die bekannten gelben pleochroitischen Höfe um Zirkon und ab und zu Zwillingslamellierung. Die Spinellkörner sind unregelmäßige Gebilde, ohne Andeutung einer Kristallform, mit regellosen Rissen. Einen weiteren Gemengteil des „Gneises“ bildet der Granat in ziemlich großen blaßroten Körnern, die fast stets von zahllosen Sprüngen durchzogen sind. Erz findet sich nur in sehr geringer Menge.

Zum Schlusse sei noch auf die Arbeit Rudolf Handmanns hingewiesen (**99**), der die Cordieritgesteine des Kührenberger Waldes bei Linz mit dem Vorkommen von Bodenmais vergleicht. Seine Untersuchungen führen ihn zu dem Schluß, daß die Gesteine von Linz mit denen vom Silberberg bei Bodenmais in der Hauptsache übereinstimmen. Als augenfälligster Unterschied wird hervorgehoben, daß die Gesteine vom Silberberg reich an Erzen sind, die Linzer Gesteine hingegen nur Spuren von Erzen aufweisen, an ihrer Stelle aber mitunter einen bedeutenden Graphitgehalt führen, der am Silberberg wohl auch, aber nur als Seltenheit anzutreffen ist. Durch die Betrachtung der petrographischen und geologischen Verhältnisse im Kührenberger Wald sieht sich auch Handmann zu der Anschauung gedrängt, daß man es hier mit einem von Granit umschlossenen und mehr oder weniger durchbrochenen Schichtenkomplex zu tun habe, dessen Schollen infolge der vulkanischen Tätigkeit und des Kontaktes mit glutflüssigen Granitmassen, wenigstens zum Teil zu hornfelsartigen Gesteinen umgewandelt wurden, daß somit die betreffenden Gesteine für metamorphe Kontaktgesteine zu erklären sind. „Die Cordieritgesteine des Kührenberger Waldes sind somit keine Gneise, sondern gemäß ihrer Entstehung Hornfelsbildungen.“

Trotz dieser Ergebnisse geologisch-petrographischer Forschungen bei den Cordieritgesteinen von Bodenmais und Linz dürfte wohl von einer geognostischen Neuaufnahme des ostbayerischen Urgebirges ein wesentlich neues Bild doch bloß in dem Maße erwartet werden, als auch die Zahl der Aufschlüsse frischen Gesteins in diesem Gebiete zunimmt.

B. Hornblendebiotitgabbro.

Der intensive Bergbau, welcher das Innere des Silberbergs an zahlreichen Stellen prächtig erschließt, hat wohl vereinzelte Vorkommnisse von basischen Eruptivgesteinen zu Tage gefördert, doch scheinen dieselben im geologischen Aufbau nirgend besonders hervortreten zu wollen. Im allgemeinen sind es Plagioklas-Augitgesteine, die dem Gabbro nahe stehen.[1]) Selten kommt ein Gehalt an brauner Hornblende hinzu, welche Gesteine E. Weinschenk[2]) als „Bojite“ beschrieben hat. Nach dem-

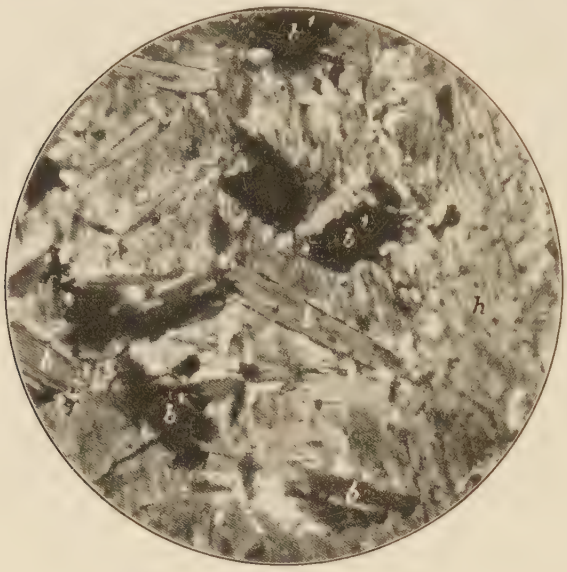
[1]) Ein größeres Gabbrovorkommen findet sich erst in der weiteren Umgebung des Silberbergs im Norden. Vgl. Das Gabbromassiv im bayerisch-böhmischen Grenzgebirge. W. Bergt. Sitzber. d. K. pr. Ak. d. Wiss. 1905. 395.

[2]) E. Weinschenk: Zur Kenntnis der Graphitlagerstätten. I. Die Graphitlagerstätten d. bayr.-böhm. Grenzgebirges. Habilitationsschrift. München 1897. S. 33. (Abh. d. Ak. d. Wiss. II. Cl. XIX. Bd. II. Abt. S. 541.)

selben Autor findet sich sogar ein vereinzeltes Vorkommen von eigentlichem Diabas am Silberberg.

Das der vorliegenden Untersuchung zu Grunde gelegte Gestein stammt aus dem Neubaustollen. Es ist mittel- bis feinkörnig und läßt mit freiem Auge außer dunklem Glimmer noch größere grünliche bis bräunliche, asbestartig schillernde Einsprenglinge erkennen und wenig Feldspat.

Unter dem Mikroskop zeigen sich als Hauptgemengteile des Gesteins braune Hornblende, daneben Biotit und in etwas geringerer Menge farbloser Augit und Plagioklas. An akzessorischen Bestandteilen sind anzuführen Schwefelkies und Magnetkies. Die Struktur des Gesteins ist die allotriomorphe der Gabbros, wenn man von den einsprenglingsartigen Gebilden von brauner Hornblende absieht, welche so groß sind, daß sie selbst bei schwächster Vergrößerung das ganze Gesichtsfeld einnehmen.



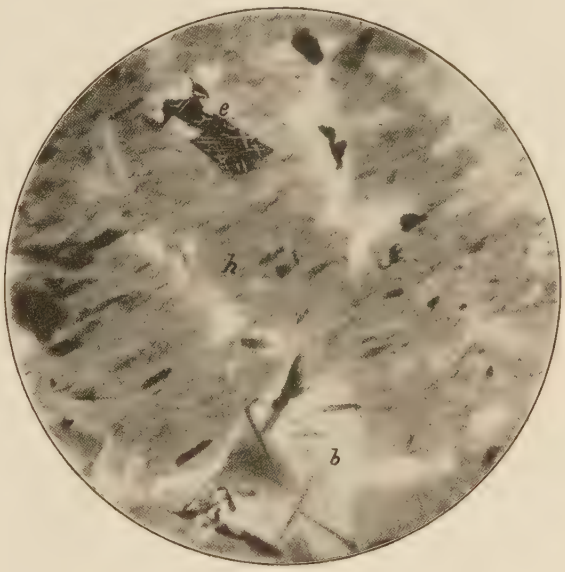
Figur 4.
Hornblendebiotitgabbro vom Silberberg.
h = Hornblende, b = primärer Biotit, b¹ = sekundärer Biotit.
Vergrößerung $\frac{52}{1}$. Nicols +.

Der charakteristischste wie der Menge nach bedeutendste Gemengteil des Gesteins ist die braune Hornblende mit denselben Eigenschaften wie der von E. Weinschenk als braune Hornblende (**85**. 160) beschriebene Amphibol. Sie hat nur schwache Absorption. In den kleineren Körnern, wo das Mineral zuweilen Neigung zu kristallographischer Umgrenzung zeigt, ist die bezeichnende Spaltbarkeit nach dem Prisma von 124° meist schön zu sehen. Während diese Körner frisch erscheinen, sind die großen Einsprenglinge stark in Zersetzung begriffen. Zahlreiche Biotitblättchen von mikroskopisch oft ansehnlicher Größe, selten auch Augitsäulen und kristallographisch begrenzter Amphibol sind regellos in diese großen Hornblendeindividuen eingeschlossen nach Art der poikilitischen Struktur. Von den Biotitlamellen aus beginnt die Zersetzung der Hornblende. Das erste Produkt sind braune dunkle Flecken von Biotit, welcher durch einen sehr geringen Achsenwinkel beinahe als einachsig erscheint und gleichzeitig scheidet sich die Titansäure der Hornblende inmeist sagenitartigen Aggregaten von lichtgelben Rutilnadeln aus (Fig. 5). Doch bleibt die Umwandlung hiebei nicht stehen, sondern ergreift weiterhin diesen sekundären Biotit und bleicht ihn bis zu völliger Farblosigkeit aus. Als letztes Produkt erscheint dann noch hin und wieder Cordierit und Quarz, welche durch Rutilnadeln verbunden, ihre Herkunft deutlich erkennen lassen. Der Titangehalt der Hornblende scheidet sich außer bei der Umwandlung in Biotit auch gerne in fiederförmig gestellten dunklen Rutilnädelchen aus, deren Hauptachse den Spaltrissen der Hornblende parallel laufen.[1])

[1]) Vgl. die ähnliche Erscheinung bei M. Schuster: Petrographische Bemerkungen zum Granit von Kössein im Fichtelgebirge Fig. 3. S. 138 d. Geogn. Jahreshefte XX.

Von der hellbräunlichen Hornblende ist meist schwer zu unterscheiden der Augit, bei welchem die charakteristische Spaltbarkeit nicht allzuhäufig zu sehen ist. Andeutung einer Kristallform zeigen nur die in die Hornblende eingeschlossenen Individuen. In der Regel führt bloß die hellere Farbe gegenüber der Hornblende dazu, in dem Mineral Augit zu vermuten; aber erst durch Bestimmung des optischen Charakters kann das Mineral dann als Augit sicher erkannt werden. Er ist in viel geringerer Menge vorhanden als die Hornblende und kommt nicht in solch großen Einsprenglingen vor wie diese letztere. Eine Umwandlung dieses diallagartigen Augits in Uralit konnte nicht wahrgenommen werden.

Der Biotit hat fast die braunrote Farbe des Rubellans mit vollständiger Absorption des Strahls parallel der Spaltbarkeit. Wo er primärer Bestandteil ist, zeigt er eine ähnliche Umwandlung wie jener sekundär aus Hornblende gebildete. Er erscheint dann auch häufig ausgebleicht, wobei er sich mit einem Saum von Erz umgibt. Dieser schmale Saum von Erz ist bald schwarz und opak, bald rötlich durchscheinend. An manchen Stellen dringt er in den Kern des Biotits vor und ersetzt ihn sogar, so daß förmlich Pseudomorphosen nach dem dunklen Glimmer entstehen. Das Erz enthält dann außerordentlich gerne Rutilnädelchen, die, sich unter einem Winkel von 60° kreuzend, mit ihrer lichtgelben Farbe von dem meist dunklen Erz sich deutlich abheben. Bei dem in die braune Hornblende eingeschlossenen Biotit ist die Ausbleichung mit einer häufigen Ausscheidung von faserigem Calcit (Faserachse parallel Längsachse der Lamellen) und Quarz verbunden.[1])



Figur 5.
Hornblendebiotitgabbro vom Silberberg.
h = Hornblende, b = sekundärer Biotit, zum Teil ausgebleicht,
e = Erz mit Rutileinschlüssen.
Vergrößerung $\frac{100}{1}$.

Der letzte wesentliche Gemengteil des Gabbros, der Plagioklas, hat immer Zwillingslamellierung nach dem Albitgesetz; Plagioklase ohne solche Struktur wurden nicht beobachtet. Seine Menge erreicht bei weitem nicht die der Hornblende, noch weniger die aller basischen Gemengteile zusammen. Die Bestimmung wird durch die meist enge Lamellierung sehr erschwert; ein Schnitt ⊥ a ergab einen Oligoklas-Andesin. Er ist fast immer angegriffen unter Bildung von Muskovit, selten frisch.

Ein Mineral bleibt noch zu erwähnen, welches sich stellenweise in beträchtlicher Menge vorfindet, aber stets deutlich als ein dem Gestein fremder Bestandteil zu erkennen ist, der Cordierit. Er dringt auf Spalten und Rissen in den Gabbro ein, füllt die Lücken aus und löst einzelne Bruchstücke der Hornblende los, die dann abgerundet im Cordierit zu schwimmen scheinen. Hier zeigt der Cordierit

[1]) Vgl. H. Rosenbusch: Mikrosk. Physiographie der Mineralien u. Gesteine. Massengesteine. S. 49.

auch Zwillingslamellierung, die ihn dem Plagioklas ähnlich macht. Die braune Hornblende erscheint durch das Eindringen des Cordierits zuweilen in hellgrüne faserige umgewandelt (Tremolit?) und bildet mit Erz und den grünlichen Zersetzungsprodukten des Cordierits oft eine solch wirres Gemengsel, daß es äußerst schwierig wird, die einzelnen Bestandteile herauszulösen. Immerhin scheint die Kraft, welche den Cordierit in den Gabbro preßte, keine allzugroße mehr gewesen zu sein.

Literatur-Übersicht

über die Kieslagerstätte am Silberberg bei Bodenmais.

1764 (1) J. G. Lori: Sammlung des bayerischen Bergrechtes mit einer Einleitung in die Bergrechtsgeschichte. München.

1776 (2) Walch: Leucosapphiri von Bodenmais. St. 7. S. 201 (Quenstedt Mineralogie. 1877. S. 329).

1729 (3) Matth. Flurl: Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz.

1805 (4) Matth. Flurl: Über die Gebirgsformationen in den dermaligen Churpfalz-baierischen Staaten. Abh. d. b. Ak. d. Wiss. München.

(5) Blumenbach: Blauer Quarz von Bodenmais. Voigts Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde. 9. Bd. III. St. S. 210.

1809 (6) v. Voith: Blauer Quarz von Bodenmais. Molls neue Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde. Nürnberg. S. 65 u. 67.

1818 (7) Breithaupt: Peliom von Bodenmais. Hoffmanns Mineralogie 4 b. 117.

1819 (8) Brandes: Analyse des Bodenmaiser Pelioms. Schweigg. Journ. 26, 90; 27, 396.

(9) Stromeyer: Cordierit von Bodenmais. Göttingen. Gel. Anz. 1897.

1821 (10) Stromeyrr: Untersuchungen über die Mischung der Mineralkörper. 329.

(11) K. C. v. Leonhard: Cordierit- und Peliomvorkommen. Oryktogn. 420.

(12) Ch. Keferstein: Teutschland geogn. geol. dargest. Weimar.

1822 (13) Haüy: Cordierit und Peliom. Mineralogie 3. 11.

(14) H. Rose: Magnetkies von Bodenmais. Gilberts Annal. 72. 189.

1828 (15) Tamnau: Cordierit von Bodenmais. Pogg. Annal. 12. 495.

1831 (16) F. v. Kobell: Spinell von Bodenmais. Leonhards Jahrb. 2. 128.

1832 (17) Breithaupt: Cordierit von Bodenmais. Charakt. Min.-Syst. 180.

1838 (18) Lévy: Descr. coll. Heuland 2. 150.

1840 (19) Graf Schaffgotsch: Magnetkies von Bodenmais. Pogg. Ann. 50.

1845 (20) Haidinger: Cordierit von Bodenmais. Pogg. Ann. 65. 13.

1846 (21) Grueber und Müller: Der bayerische Wald (Böhmerwald), Regensburg.

(22) Haidinger: Cordierit von Bodenmais. Pogg. Ann. 67. 441.

1847 (23) Hausmann: Cordierit von Bodenmais. Mineralogie. 554.

(24) Haidinger: Cordierit von Bodenmais. Abhandl. d. Kgl. böhm. Ges. d. Wiss. Prag. V. Folge. Bd. 4. 13.

(25) Blum: Pseudomorphosen: 1. Nachtr. 35.

1848 (26) F. v. Kobell: Über Kreittonit, einen neuen Spinell von Bodenmais, nebst einig. Bemerk. über d. Mineralspezies mit vicarirenden Mischungsteilen. Journ. prakt. Chemie. 44. 99.

(27) Heinrich Rose: Magnetkies von Bodenmais. Bericht d. Kgl. Akad. Berlin u. Erdmanns Journal. H. 9 u. 10.

1849 (28) Kernst: Analyse des Felsits von Bodenmais. Erdm. u. March. Journ. 43. 207. Ref. Leonh. Jahrb. 712.

(29) Gustav Rose: Über Magnetkies. Pogg. Ann. 74. 295.

1851 (30) L. Wineberger: Versuch einer geognostischen Beschreibung d. bayerischen Waldgebirges und Neuburger Waldes. Passau.

1852 (31) Miller: Cordierit von Bodenmais. Philips Min. 325.

1853 (32) Hausmann: Brauneisenerzpseudomorphose vom Silberberg bei Bodenmais. Ges. Wiss. Göttingen. 28. Febr. 3. 33.
(33) Kokscharow: Materialien zur Mineralogie Rußlands. 1853—1875. Petersburg.
1854 (34) G. Bischof: Lehrb. d. chem. u. phys. Geologie. II. Bd. Basaltische Hornblende von Bodenmais. 871.
1855 (35) A. Besnard: Die Mineralien Bayerns nach ihren Fundstätten.
1856 (36) Kenngott: Ficinit von Bodenmais. Min. Notizen XI. 22.
(37) Vogel u. Reischauer: Titaneisen von Bodenmais. Chem. Jahresb. 840.
1858 (38) Breithaupt: Mikroklin von Bodenmais. Berg. u. Hüttenm. Ztg. 17. 11.
1859 (39) J. F. L. Hausmann: Über die Kristallformen des Cordierits von Bodenmais in Bayern. Gratulationsschrift an d. bayer. Akad. d. Wiss. Göttingen. — Zeitschr. f. gesamt. Naturw. 13. 231.
(40) v. Hornberg: Cordierit von Bodenmais. Zoolog. min. Ver. Regensburg. 13. 373.
1860 (41) Potyka: Über den grünen Feldspat von Bodenmais. Pogg. Ann. 108. 363. — Chem. Centr. 185. — Jahrb. f. Min. 351.
1861 (42) B. v. Cotta: Lehre von den Erzlagerstätten II. 195.
(43) H. Reder: Der Bayerwald. Regensburg.
1862 (44) C. W. Gümbel: Bavaria II. Bd. München.
(45) Des Cloizeaux: Cordierit von Bodenmais. Minéralogie 355.
1863 (46) Hausmann: Brauneisenerzpseudomorphose vom Silberberg bei Bodenmais. Blums Pseudom. 3. Nachtr. 182.
(47) Tschermak: Disthen nach Andalusit Sitzber. d. math. naturw. Cl. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien. 47. Bd. II. Abt. 451.
1864 (48) Rammelsberg: Über die Schwefelungsstufen des Eisens, die Zusammensetzung des Magnetkieses u. d. Vorkommen d. Eisensulfurets im Meteoreisen. Pogg. Ann. 50.
1865 (49) F. v. Kobell: Über den Jollyt, eine neue Mineralspecies von Bodenmais im bayer. Wald. Abh. d. math. phys. Cl. d. Kgl. bayer. Ak. d. Wiss.
1866 (50) C. W. Gümbel: Über das Vorkommen von Eozoon im ostbayer. Urgebirge. Sitzber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. in München. I. 1.
1867 (51) Des Cloizeaux: Cordierit von Bodenmais. Nouv. Rech. Inst. 18. 563.
1868 (52) C. W. Gümbel: Geognostische Beschreibung des Ostbayerischen Grenzgebirges.
(53) Haushofer: Feldspat von Bodenmais. Journ. pr. Ch. 103. 125.
1875 (54) C. F. Rammelsberg: Handbuch der Mineralchemie.
(55) Sadebeck: Feldspat von Bodenmais. Pogg. Ann. 156. 561.
(56) Zerrenner: Cordierit von Bodenmais. Tscherm. Mitt. 40.
1876 (57) Des Cloizeaux: Mémoire sur le microcline. Ann. chym. phys. 9.
1878 (58) P. Groth: Beryll im Magnetkies von Bodenmais. Min. Sammlung. 232. Straßburg.
1879 (59) G. vom Rath: Mineralien vom Silberberg bei Bodenmais. Nat.-hist. Verein. Bonn. Corr. Bl. 109.
(60) A. v. Groddeck: Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. Leipzig. 112.
(61) Habermehl: Über die Zusammensetzung des Magnetkieses. Oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkunde.
1880 (62) F. Becke: Hypersthen von Bodenmais. Min. petr. Mitt. 60.
(63) G. vom Rath: Mineralien von Bodenmais. Zeitschr. f. Krist. V.
1881 (64) V. Goldschmidt: Über die Verwendbarkeit einer Kaliumquecksilberjodidlösung bei mineral. u. petrogr. Untersuchg. N. Jahrb. Min. I. 179.
(65) F. Sandberger: Phlogopit von Bodenmais N. Jahrb. f. Min. I. Bd.
1882 (66) Bodewig: Magnetkies von Bodenmais. Zeitschr. f. Krist. 175.
(67) Streng: Magnetkies von Bodenmais. N. Jahrb. 1. 197.
1884 (68) Des Cloizeaux: Oligoklases et andésines. Bull. soc. franç. min. 7. 249.
(69) J. H. Kloos: Beobachtungen an Orthoklas u. Mikroklin. N. Jahrb. 163.
(70) J. Lehmann: Untersuchung über die Entstehung der altkristallinen Schiefergesteine mit besonderer Bezugnahme auf das sächsische Granulitgebirge, Erzgebirge, Fichtelgebirge und bayer.-böhm. Grenzgebirge. Bonn. 175. 178.
1885 (71) Hussak: Cordierit von Bodenmais. N. Jahrb. 2. 81.
(72) K. v. Chrustschoff: Über eigentümliche Flüssigkeitsinterpositionen im Cordierit d. Cordieritgneises von Bodenmais. Tscherm. Mitt. VI. Bd. 232.
1887 (73) M. Schuster und v. Foullon: Opt. Verhalten u. chemische Zusammensetzung des Andesins von Bodenmais. J. d. k. k. R. 37. Bd.
1888 (74) Führer durch d. Böhmerwald u. d. deutsche Südböhmen. Budweis.

1889 (75) K. Oebbeke: Über den Kreittonit von Bodenmais. Mitt. aus d. min. geol. Inst. d. Univ. Erlangen mit Analyse von Krauss.
1891 (76) J. Thiel: Beitrag z. Kenntn. d. nutzb. Mineralien im bayer. Wald mit spez. Berücks. d. Silberbergs b. Bodenmais. Inaug.-Diss. Erlangen. (Zeitschr. f. Krist. 23. 295.)
1894 (77) K. Zimanyi: Die Hauptbrechungsexponenten d. wichtigst. gesteinsbild. Mineralien. Zeitschr. f. Krist. 23. 239.
(78) Fouqué: Oligoklas-Andesine. Bull. soc. min. Paris. 17. 424.
(79) C. W. v. Gümbel: Geologie von Bayern. Cassel. II. Bd.
1895 (80) E. Weinschenk: Üb. einige Mineralvorkommen des bayer. Waldes. Zeitschr. f. Krist. 25. 4.
(81) F. Pošepny: Archiv f. prakt. Geologie. Freiburg i. S. II. Bd.
1896 (82) K. Oebbeke: Nutzb. Gesteine u. Mineralien d. Königr. Bayern. München.
(83) E. Weinschenk: Üb. einige neue Mineralvork. des bayer. Waldes. Zeitschr. f. Krist. 25. 357.
(84) J. Mayenberg: Führer durch d. Bayer. Wald u. d. angrenz. Böhmerwald. Passau.
1897 (85) E. Weinschenk: Beiträge zur Mineralogie Bayerns (Vork. aus d. Passauer Graphitlagerst., d. sogen. Anthophyllit von Bodenmais u. s. w. Zeitschr. f. Krist. 28. 135.
(86) C. Hintze: Handbuch der Mineralogie. II. Bd.
1898 (87) F. Beijerinck: Üb. d. Leitungsvermögen d. Mineralien für Elektrizität. N. Jahrb. f. Min. 11. Beil. B.
(88) E. Weinschenk: Die Erzlagerstätten am Silberberg bei Bodenmais. Glück auf. Nr. 45. 4—9.
(89) P. Wagner: Die Kieslagerstätten von Bodenmais. Naturw. Wochenschr. XIII. Bd. 25.
(90) E. Weinschenk: Üb. d. Graphitlagerst. d. Umgebung v. Passau u. d. Erzlagerst. am Silberberg b. Bodenmais. Ber. üb. d. 7. Allg. Bergmannstag zu München.
1899 (91) Derselbe: Der bayer. Wald zwischen Bodenmais u. d. Passauer Graphitgebiet.
(92) Derselbe: Geologisches aus d. bayer. Walde. Sitzungsber. d. Kgl. bayer. Ak. d. Wiss. 29. 2.
1900 (93) Derselbe: Der Silberberg bei Bodenmais. Zeitschr. f. prakt. Geologie. 65.
1901 (94) K. Gruber: Der Schwefel- u. Magnetkiesbergbau am Silberberg bei Bodenmais. Abh. d. Kgl. bayer. Ak. d. Wiss. II. Cl. XXI. Bd. II. Abt. 339—348.
(95) E. Weinschenk: Die Kieslagerstätte im Silberberg b. Bodenmais. Ebenda 349—410. (Min. Ref. Zeitschr. f. Krist. 1904. 194.)
(96) A. Gareiss: Über Pseudomorphosen nach Cordierit. Tscherm. Mitt. 31.
1903 (97) R. Beck: Die Lehre von den Erzlagerstätten. 462.
(98) E. Weinschenk: Die Erzlagerstätten d. Schneebergs in Tirol und ihr Verhältnis zu jener d. Silberbergs b. Bodenmais im bayer. Wald. Zeitschr. f. prakt. Geol. 231.
1904 (99) P. R. Handmann: Das Vorkommen von Cordierit und Cordieritgesteinen bei Linz und ein Vergleich mit d. diesbez. Vorkommnissen im bayer. Wald, nebst einer Erklärung ihrer Entstehungsweise. Linz. Ref. Geol. Centr. Bd. V. 1904. 385.
(100) A. W. Stelzner-A. Bergeat: Die Erzlagerstätten. I.
(101) C. Hintze: Handbuch der Mineralogie. I. Bd. Anf.
1905 (102) P. Weiss: Die magnetischen Eigenschaften des Pyrrhotins. Journ. de phys. 4. — Compt. rend. 140.
(103) H. Rosenbusch u. E. A. Wülfing: Mikrosk. Physiographie der petrograph. wicht. Mineralien. Spez. Teil.
(104) A. W. Steltzner-A. Bergeat: Die Erzlagerstätten. II. 1905/06.
1906 (105) W. Bruhns: Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im deutschen Reiche. Berlin.
1907 (106) F. Rinne und H. E. Boeke: Magnetkies von Bodenmais. Zeitschr. anorg. Chemie. 53. 338.

Inhalts-Übersicht.

	Seite
Einleitung	1—2
I. Teil: Mineralien	2—23
A. Magnetkies	2—17
a) Chemische Formel	2—10
b) Bestimmung von Silber, Kupfer, Zink, Kobalt und Nickel	10—14
c) Gehalt an Gold	14—15
d) Die im Magnetkies eingewachsenen Mineralien	15—17
B. Kreittonit	17—20
C. Magneteisen	20—21
D. Zinkblende	21—22
E. Karinthin	22—23
II. Teil: Gesteine	23—30
A. Cordierithornfels (Dichroitgneis)	23—27
B. Hornblendebiotitgabbro	27—30
Literatur-Übersicht	30—32

Vorliegende Arbeit wurde zum Teil im anorganisch-chemischen Laboratorium, zum andern Teil im mineralogisch-geologischen Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule ausgeführt. Das Material für die Untersuchungen stammte aus der Sammlung der geognostischen Abteilung des Kgl. Oberbergamtes. Es sei mir hiemit gestattet, den Herren Professoren Dr. W. Muthmann, Dr. K. Oebbeke und Dr. M. Weber, unter deren Aufsicht die Arbeit sich vollzog, sowie Herrn Oberbergrat Professor Dr. L. v. Ammon für seine weitgehende Unterstützung meinen wärmsten Dank zum Ausdruck zu bringen.

Die drei ersten Textbilder sind nach Originalzeichnungen des Verfassers, die beiden letzten nach Dünnschliff-Photographien vom Kgl. Geologen Dr. M. Schuster hergestellt.